



Energiataloudellinen omakotitalo

Jari Luokkanen

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää ystäviä ja sukulaisia saamastani tuesta opiskelujen ja opinnäytetyön parissa. Lisäksi erityiset kiitokset opinnäytetyön valvovalle opettajalle Jaakko Etolle hänen ajatuksistaan työn kehittämisestä paremmaksi.

Torniossa 30.10.2013

Jari Luokkanen

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikan ala

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Jari Luokkanen
Opinnäytetyön nimi:	Energiataloudellinen omakotitalo
Sivuja (joista liitesivuja):	62 (3)
Päiväys:	21.10.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	DI Jaakko Etto
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on omakotitalon energiatalouteen vaikuttaminen sähkölämmitys-, valaistus- ja kodinkoneiden ratkaisulla. Työn alkuvaiheessa tutustuttiin aiheeseen keräämällä materiaalia ja lukemalla tilastoja ja ihmisten kertomia käytännön kokemuksia. Perehdyttiin lakeihin ja aiheen kirjallisuuteen. Opinnäytetyössä tutustuttiin myös omakotitalon omaan sähköntuotantoon ja sen toimivuuteen Suomessa.</p> <p>Työssä kuvattiin eri sähkölämmitys- ja valaistusvaihtoehtojen hyvät ja huonot puolet, kustannukset laitehankinnoissa, asennuksissa ja käytössä. Pienvoimaloista keskenään vertailtiin aurinko- ja tuulivoimaloita. Kodinkoneista kerrotaan uudet energiamerkinnät ja niiden merkitykset. Koska työssä kuvataan pelkästään sähköllä toimivia lämmitysmuotoja, vertailuihin ei otettu mukaan esimerkiksi öljy- tai puupohjaisia talonlämmitysratkaisuja. Työ saatiin pysymään sähköalan aihealueen sisällä.</p> <p>Työn ensisijaisena lähteenä käytettiin standardeja, määräyksiä, opinnäytetöitä ja nettijulkaisuja. Työssä huomioitiin uusimmat rakennusmääräykset ja niiden vaikutukset.</p> <p>Tuloksina todettiin uusien lämmitys-, valaistus- ja kodinkone vaihtoehtojen olevan selvästi energiaa säästävämpiä, kuin vanhojen. Lisäksi ne ovat käyttäjäystävällisiä ja edistävät energiataloudellisen omakotitalon suunnittelun ja rakentamisen, sekä pienentävät asumiskuluja. Taloudellisesti niiden hankinta on kalliimpaa, mutta pidemmällä aikavälillä ne maksavat itsensä takaisin. Aurinko- ja tuulivoimaloiden hankinta on kallista vielä ja niillä on pitkät takaisin maksuajat. Edistystä on kuitenkin tapahtunut ja kuluttajat ovat alkaneet suosia enemmän sähkön omatuotantomahdollisuuksia.</p>	
Asiasanat: sähkölämmitys, valaistus, kodinkoneet, pienvoimala.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Jari Luokkanen
Thesis title:	Energy Efficient House
Pages (of which appendixes):	62 (3)
Date:	21 October 2013
Thesis instructor:	Jaakko Etto MSc (Tech)
<p>The subject of this thesis is how to influence energy efficiency with electric heating, lightning and appliance solutions in a single-family house. At the beginning, the subject was done familiar by collecting the study material, by reading the statistics and people's practical experiences. After that, the studies how a house can generate electricity independently and how this kind of method of generating electricity is suited for the Finnish environment were carried out.</p> <p>In the thesis, pros and cons were described in various electric heating and lighting options, the cost of equipment purchases, installation and use. The small power stations were compared with each other in solar and wind power. The thesis explains the new energy labels and their meanings of home appliances. Since the thesis describes purely electric heating methods, oil-or wood-based house heating solutions were not included in the comparisons. This thesis remains in the field of electrical engineering.</p> <p>The standards, codes, theses, and on-line publications were used as the primary material. The work takes into account the latest building regulations and their effects.</p> <p>Results proved the new heating, lighting and appliance options to be far more energy-efficient. In addition, they are user-friendly and promote energy-efficient single-family house design and construction, as well as reduce the costs of housing. The acquisition costs will be more expensive, but over a longer time period they pay themselves back. Solar and wind power purchase is still expensive and long time is needed for the costs to be paid back. But progress is being made, and consumers are beginning to favor the production of electricity in their own production facilities.</p>	
Keywords: Electric heating, lighting, appliances, small power plant.	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 MÄÄRÄYKSET	8
2.1 E-Luku	8
2.2 Sähkölämmityksen toteutus 1.7.2013 jälkeen	10
3 SÄHKÖLÄMMITYSVAIHTOEHDOT	12
3.1 Sähköpatterit, lattialämmityskaapelit ja kattolämmityskalvot	12
3.2 Ilmalämpöpumppu	15
3.3 Ilma-vesilämpöpumppu	20
3.4 Maalämpöpumppu	21
4 VALAISTUS	30
4.1 Valaistuksen ohjaus ja säätö	30
4.2 Led	30
4.3 Halogeeni	32
4.4 Loisteputki	33
4.5 Energiansäästölamput	35
5 KODINKONEET	36
6 OMAKOTITALO ENERGIAN TUOTTAJANA	39
6.1 Aurinkosähkö	39
6.2 Aurinkokeräin	43
6.3 Tuulivoima	45
7 LVI	49
8 KOTIAUTOMAATIO	51
9 KUSTANNUSTEN VERTAILU	53
10 POHDINTA	55
LÄHTEET	57

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

LED	Valoa säteilevä diodi (Light-emitting diode)
COP	Hyötysuhdelämmitys (Coefficient of performance)
EER	Hyötysuhdejäähdytys (Energy efficiency ratio)
ILP	Ilmalämpöpumppu
IVLP	Ilma-vesilämpöpumppu
MLP	Maalämpöpumppu
kWh	Kilowattitunti

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on energiataloudellinen omakotitalo. Idea kehittyi mielenkiinnosta omakotitaloasumisesta käytettäviä erilaisia energiataloudellisia vaihtoehtoja kohtaan. Opinnäytetyön ideaa pohdittiin pitkään vuoden 2012 ajan, ja pohdittiin, mitä kaikkea opinnäytetyö voisi sisältää. Tekniikan jatkuva kehitys sekä Suomessa tapahtumassa oleva siirtymäkausi energiataloudellisempaan asumiseen toi oman haasteensa työhön. Lopullinen päätös opinnäytetyön aiheelle tuli siinä vaiheessa kun sain töitä Outo-kummun terästehtaalta ja opinnäytetyö täytyi tehdä työskentelyn ohessa. Valitsin tämän aiheen opinnäytetyölleni, koska aihe oli minusta mielenkiintoinen. Lisäksi tämän aiheen valinta mahdollisti opinnäytetyön teon työni ohessa.

Yleisesti viime vuosina energianhinnat ovat nousseet ja tämä on näkynyt suomalaisten sähkölaskuissa. Lisäksi EU-direktiiveillä on vaikutusta siihen, millaisia energiataloudellisia ratkaisuja rakentamisessa ja asumisessa täytyy huomioida. Suurin osa tämän päivän sähkölaskusta muodostuu huoneiden ja käyttöveden lämmityksestä, jos talossa nämä lämmitetään sähköllä. Näihin asioihin voi vaikuttaa paljon sähkölämmitysratkaisua valittaessa.

Kodinkonevalmistajat tuovat markkinoille energiasäästeliäämpiä koneita jokapäiväiseen käyttöön. Samalla myös led-lamput ovat rantautuneet Suomeen hehkulamppujen syrjäytyessä kauppojen hyllyiltä.

Teknologian kehittyessä myös asiakkaiden maksamat markkinahinnat muuttuvat ja se vaikuttaakin paljon ostopäätöstä tehtäessä. Tämän vuoksi opinnäytetyössä tutustutaan edellä mainittuihin hintoihin.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kokonaiskuva erilaisista sähkölämmitysmuodoista ja niiden ominaisuuksista, eri valaistusmahdollisuuksista, pienkiinteistön omasta sähköntuotannosta ja kodinkoneratkaisuista. Vertailussa ei ole mukana puuta tai öljyä käytäviä lämmitysmenetelmiä, vaan ainoastaan sähköä käyttävät menetelmät.

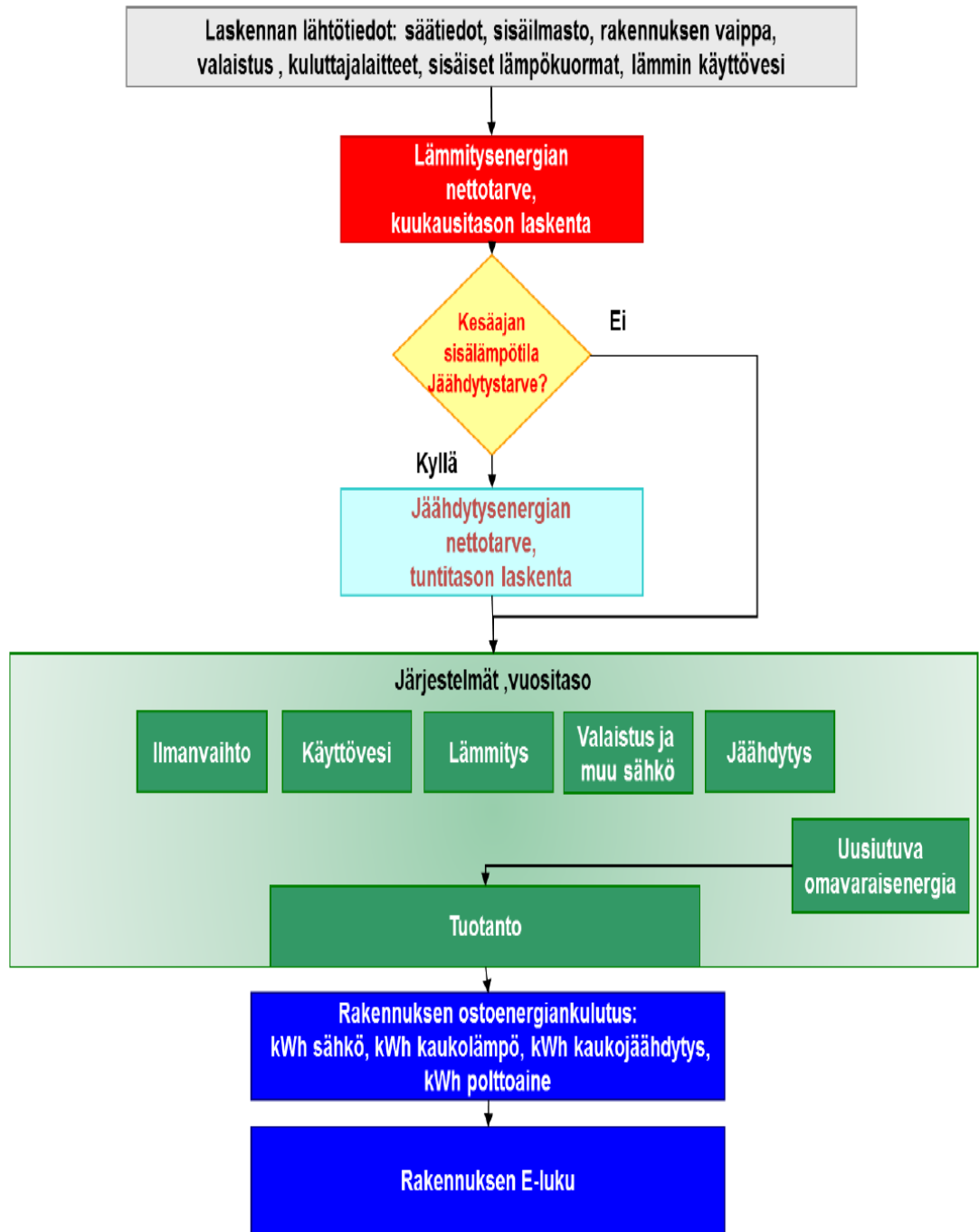
2 MÄÄRÄYKSET

Suomessa uudisrakentamiseen tuli uusia määräyksiä 1.7.2012 (D3 rakennusmääräykset). Näissä määräyksissä annetaan tarkkoja ohjeita siitä, miten nykyisten direktiivien mukaan rakennetaan omakotitalo. Näissä määräyksissä huomioidaan omakotitalon lämmityksen nettotarve, laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus, lämmitysjärjestelmän energiankulutus, ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, lämmitysteho ja aurinko- tai tuulisähköjärjestelmän sähköntuotto. Uusissa määräyksissä suositetaan uusiutuvia energialähteitä, maalämpöpumppua ja kaukolämpöä. Tarkastelussa on myös pienkiinteistön itse tuottama energia, jolla voidaan alentaa talon ostosähkönkulutusta. Eri lämmitysmuodoille on omat kertoimensa ja esimerkiksi suoralla sähkölämmityksellä se antaa kertoimena huomattavasti alhaisemman arvon, kuin käytettäessä maalämpöpumppua. Etua on myös varaavien tulisijojen rakentamisesta kiinteistöön. (Finlexin www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

2.1 E-Luku

Rakennuksen energiankulutus rakentuu eri tilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys- ja jäähdytystarpeesta, kodinkoneiden, muiden laitteiden sekä valaistuksen sähkön kulutuksesta ja käyttöveden lämmittämisestä. Nettotarve lämmittämiseen saadaan huomioimalla lämmitysenergian tarpeen ja auringon säteilyn vaikutus lämmittämiseen, poistoilmasta talteen saadun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Tätä lukemaa vastaava energiamäärä tuodaan lämmitettäviin tiloihin, käyttöveteen ja rakennukseen tulevaan ilmaan. Jäähdytysenergian nettotarve vastaavasti tuodaan jäähdytysjärjestelmän viilentäviin tiloihin ja tuloilmaan. (Finlexin www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

Lämmitysenergian nettotarpeen avulla saadaan selville lämmitysjärjestelmän energiankulutus, kun huomioidaan mukaan erilaiset häviöt, jotka koostuvat lämmitysenergian varastoinnista ja liikuttamisesta paikasta toiseen. Myös jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksessa otetaan huomioon samat asiat. Lisäksi huomioidaan erilaiset hyötysuhteet sekä omavaraisesti tuotettu energia. Lämmitysjärjestelmän osalta energia eritellään lämpö- ja sähköenergiaosioihin. Kuvassa 1 on esitetty rakennuksen E-luvun muodostaminen. (Finlexin www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)



Kuva 1. Rakennuksen E-lukuun ohjeistava taulukko (Ympäristöministeriön [www-sivut](http://www.ymparisto.fi) 2013, hakupäivä 18.10.2013)

2.2 Sähkölämmityksen toteutus 1.7.2013 jälkeen

E-lukuarvoja sovelletaan normaaleihin asuinrakennuksiin, vuokra-asuntoihin ja vuokrataviin loma- ja vapaa-ajanviettorakennuksiin, mutta ei yksityiseen käyttöön tarkoitettuihin vapaa-ajanasuntoihin. E-lukuun vaikuttaa huomattavasti pienkiinteistön koko, 110 m² kokoisen talon vaatimukset eivät ole niin tiukat kuin 200 m²:n. Lisäksi normaali-, matalaenergia- ja passiivitaloilla on jokaisella omat rajoituksensa, jotka on esitetty kuvassa 2. (Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

D3 mukainen kokonaisenergiankulutus	Normitalo [kWh/(m ² ,a)]	Matalaenergiatalo [kWh/(m ² ,a)]	Passiivitalo [kWh/(m ² ,a)]
110 m ²	134,1	114,2	106,2
147 m ²	128,3	109,5	103
200 m ²	124	105,6	99,5

D3 mukainen laskennallinen E-luku sähkölämmityksellä	Normitalo [kWh/(m ² ,a)]	Matalaenergiatalo [kWh/(m ² ,a)]	Passiivitalo [kWh/(m ² ,a)]
110 m ²	228,0	194,1	180,5
147 m ²	218,1	186,2	175,1
200 m ²	210,8	179,5	169,2

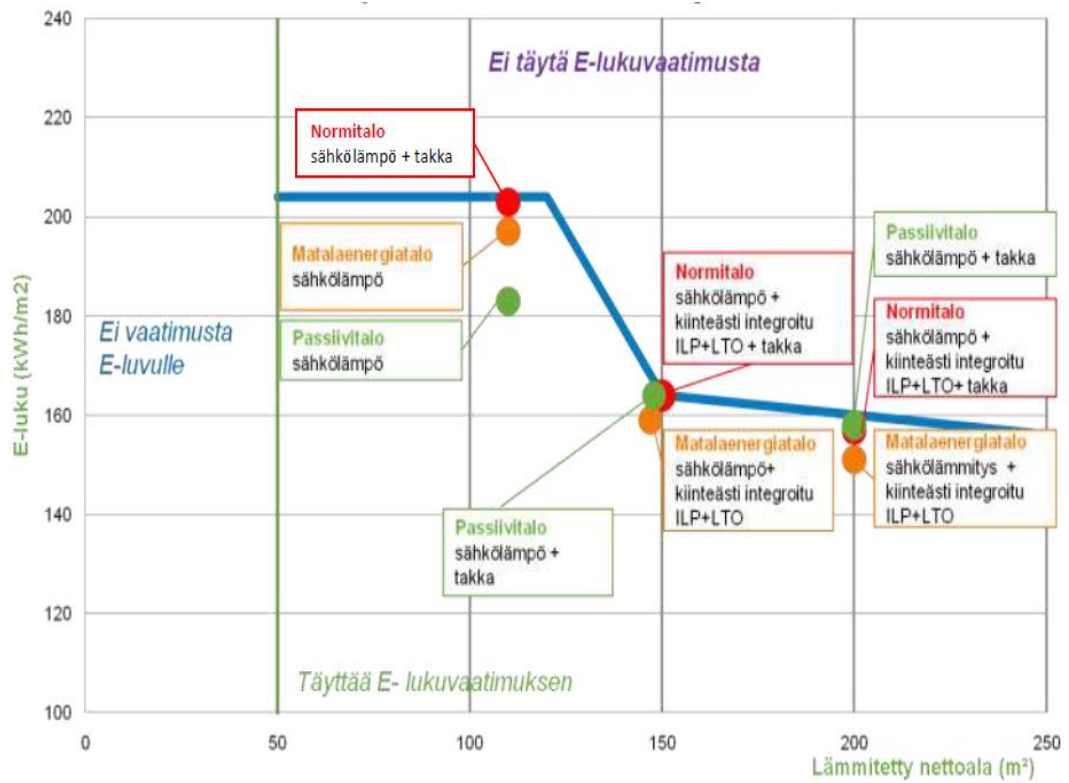
Raja-arvot

$\frac{110 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} = 204 \text{ [kWh/(m}^2\text{,a)]}$	Punainen = ylittyy
$\frac{147 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} = 166,2 \text{ [kWh/(m}^2\text{,a)]}$	(tarvitaan tukiratkaisuja)
$\frac{200 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2} = 159 \text{ [kWh/(m}^2\text{,a)]}$	Sininen = alittuu

Kuva 2. Direktiivi D3:n rajoituksia pienkiinteistölle. (Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

Pienkiinteistössä kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti rakenteiden lämpöhäviöiden pienentämiseen, ilmanvaihdon mahdollisimman hyvään lämmön talteenottoon, lämpimän veden tuotossa lämpöhäviöiden minimoimiseen ja ajan tasalla oleviin ohjausratkaisuihin. Näillä ratkaisuilla voidaan saada E-luku pienemmäksi ja rakennuslupa helpommin. Lisäksi hyödyksi on myös omavarainen sähköntuotto, esimerkiksi aurinkopaneeleilla, sekä puulämmitys leivinuunilla tai varaavalla takalla. Kuvassa 3 on kaavio E-luvun täyttävistä ratkaisuista. Tällä tavalla rakennuksen ostoenergiankulutusta saadaan pienemmäksi, koska on myös omaa energiantuotantoa. Varaava takka olisi hyvä rakentaa, jotta olisi olemassa vaihtoehtoinen lämmitysmuoto sähkölämmityksen ohelle. Eri-

tyisesti kovimpien pakkaskausien aikaan takka alentaa huomattavasti sähkölämmityksen tarvetta.



Kuva 3. E-luvun täyttävät ratkaisut pientaloon (Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

3 SÄHKÖLÄMMITYSVAIHTOEHDOT

Perinteisissä sähkölämmityksissä on yleisesti valittavana kahta erilaista sähkölämmitystapaa; suora sähkölämmitys ja varaava sähkölämmitys osittain tai täysin varaavana. Suorassa sähkölämmityksessä lämmitettävän elementin tuottama lämpö siirretään välittömästi tilaan, jota lämmitetään. Etuina suorassa sähkölämmityksessä on nopea lämpeneminen ja säädettävyys. Varaavassa sähkölämmityksessä lämpöenergia sidotaan johonkin aineeseen esimerkiksi vesikattilaan tai lattialaattaan. Lämpöä varataan kerralla suurempi määrä ja jaetaan tarpeen tullen lämmitettävän tilan tarpeisiin. Etuna tässä lämmitysmuodossa on mahdollisuus varastoida lämpöenergiaa edullisemman sähkön hinnan aikana, kuten silloin jos on käytössä päivä- ja yösähkö. Suuren lämpöenergian tarpeen tullen lämpöenergiaa on enemmän varastossa käytettävissä. Varaavan sähkölämmityksen haittapuolina hidas lämmittäminen kylmiltään, hitaampi säädettävyys sekä mahdolliset lämpöenergian siirrosta tapahtuvat lämpöhukat. Sähköliittymä täytyy myös mitoittaa tehon tarpeen mukaan. Lisäksi tarvittavat investoinnit voivat olla suuremmat. Taulukossa 1 on esitetty pientalon kokonaisenergiankulutus jakautuminen vuodessa. (Turkki 2013, 13 – 15.)

Taulukko 1. Motivan tutkimustulosten perusteella arvioitu jakautuminen energian kulutuksessa. (Turkki 2013, 8)

Huonetilojen lämmitysenergia	40–60 %
Käyttöveden lämmitys	10–25 %
Tuloilman esilämmitys	5–15 %
Huoneisto- ja kiinteistösähkö	20–30 %

3.1 Sähköpatterit, lattialämmityskaapelit ja kattolämmityskalvot

Suorassa sähkölämmityksessä käytetään yleisesti:

- sähköpatteria
- lämmityskaapelia

- lämmityskelmaa
- lämmitysmattoa
- ikkuna kalvoa
- infrapunalämmitintä.

Näitä sähkölämmityselementtejä myös käytetään yhdessä keskenään, tai muiden lämmitysmuotojen kera, vaikka talossa olisikin jokin muu päälämmitys menetelmä, esimerkiksi lattialämmitys voi toimia mukavuuslämmityksenä.

Sähköpattereita on kolmea erilaista mallia: suljettu-, virtaus- ja yhdistelmäpatteri. Suljettupatteri (kuva 4) siirtää lämpöä huoneistoon säteilemällä. Virtauspatteri kierrättää itsessään huoneilmaa ja lämmittää sitä. Yhdistelmäpatterissa hyödynnetään sekä säteilyä että huoneilmankierrätystä. Pattereissa itsessään on usein termostaatti, jolla säädetään haluttu lämpötila, mutta voidaan myös käyttää seinälle asennettavaa termostaattia. (Huhta 2007, 11.)



Kuva 4. Öljytäytteinen sähköpatteri (Taloon Yhtiöt Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

Lattiaan asennettavilla lämmityskaapeleilla ja -paneeleilla sekä matoilla (kuva 6) tuotetaan lämpöä säteilemällä. Ne asennetaan lattiarakenteisiin betonilaatan alle, kuten kuvassa 5 näkyy. Kun valitaan lattiamateriaalia, tulee ottaa huomioon materiaalin lämpötilan kesto. Jos lattialämmityksestä tehdään varaava, betonilaatta rakennetaan paksummaksi ja enemmän lämpöenergiaa varastoivaksi. Tällöin lattian pintamateriaalikin täytyy olla eristävämpi, jottei se luovuttaisi varastoitua lämpöä liian nopeasti huoneistoon ja lämpötila nousisi liian korkeaksi.



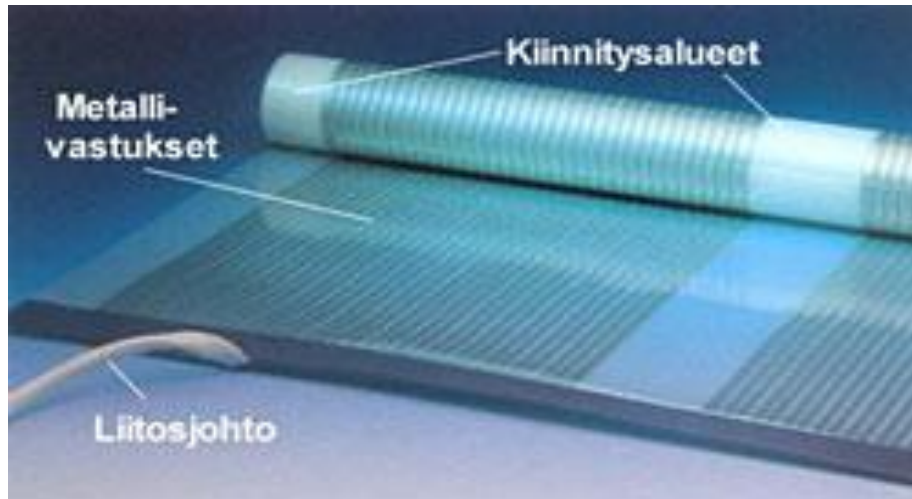
Kuva 5. Lattialämmityskaapeli (Slo Oy:n [www-sivut](#) 2013, hakupäivä 17.10.2013)



Kuva 6. Lattialämmitysmatto (Netrauta Finland Oy [www-sivut](#) 2013, hakupäivä 17.10.2013)

Kattolämmityksessä hyödynnetään samaa periaatetta kuin lattialämmityksessäkin. Katon sisäverhoilun yläpuolelle asennetaan lämmityskelmu (kuva 7), joka säteilee lämpöä lämmitettävään tilaan. Kelmuja ei saa asentaa mataliin vinokattoihin, koska lämpösäteily olisi liian voimakas katon alaosaan. Niitä ei saa asentaa myöskään saunaan, koska kiukaan oma tuottama lämpö nousee ylöspäin ja voi rikkoa kelmun. Korkeiden huonekalujen kuten kaappien käyttöä tulisi välttää, jotta säteilevä ilma pystyisi kiertämään

paremmin. Sekä lattia- että kattolämmitystä ohjataan termostaatilla, joka asennetaan lämmitettävän huoneen seinälle. (Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013.)



Kuva 7. Lattialämmitysmatto (Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

Sähkölämmitys ikkunoihin toteutetaan läpinäkyvällä kalvolla joka asennetaan ikkunan lasia vasten. Selektiivisen rakenteensa ansiosta ikkuna ei päästä lämpöä ulos, vaan se johtuu lasin sisäpinnalle ja tästä huoneeseen. Ikkunalämmitystä ei suositella ainoaksi lämmitys vaihtoehdoksi, vaan se toimii toissijaisena muun päälämmityksen lisänä. Etu ikkunalämmityksessä on sen estämä suurien ikkunapintojen aiheuttama vedon tunne. (Stekin www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013.)

Infrapunalämmitin käyttää infrapunasäteilyä tai toisin sanoen lämpösäteilyä ja sillä lämmitetään vaikutusalueella olevan esinettä, tasoa tai ihmistä Sillä ei lämmitetä ilmaa, vaan kohde, joka sen toiminta-alueen alla on. Infrapunalämmittimen tekniikka imitoi auringon lämpösäteilyä ja sitä voi hyödyntää niin sisä- kuin ulkotiloissa. Etuja infrapunalämmittimessä on nopea lämmitysaika, koska ilmaa ei käytetä lämmön välittäjäaineena. Infrapunalämmittimiä on saatavana muun muassa katto-, seinä- ja lattialämmitysvaihtoehtoina. (Avaeksperdid www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013.)

3.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpulla siirretään ulkoilmasta sisäilmaan lämpöenergiaa tai toisinpäin, riippuen halutaanko huoneistoa lämmittää tai jäähdyttää. Ilmalämpöpumpun laitteistoon kuuluu ulkoyksikkö (kuva 8) ja sisäyksikkö (kuva 9) tai useampi, sekä kaukosäädin (kuva 10) ja sen toimiperiaatteita voidaan verrata vaikka jääkaappiin. Se on valmistettu

normaalista jäähdytyslaitteesta, joka on kehitetty enemmän lämpöä tuottavaksi, jotta sen käyttö olisi hyödyllistä myös erittäin kylmissä olosuhteissa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat asunnot, toimistot, virastot ja ravintolat. (Huhta 2007, 13.)



Kuva 8. ILP:n ulkoyksikkö



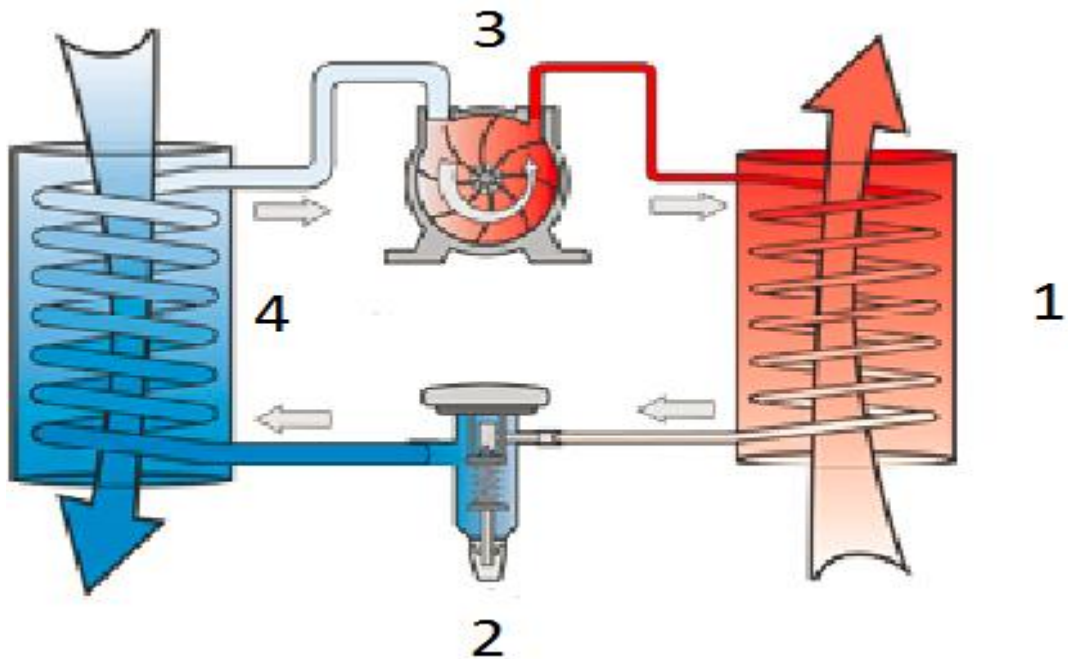
Kuva 9. ILP:n sisäyksikkö



Kuva 10. ILP:n kaukosäädin

Ilmanlämpöpumpulla lämpöä voi tuottaa huomattavan edullisesti verrattuna normaali sähkölämmitykseen. Hyötysuhde tai toisella nimellä suorituserroin (COP, Coefficient Of Performance) on nykyään noin +6 C. Ulkoilman lämpötilalla lämmityskäytössä hyötysuhde voi olla jopa yli +5 C, eli yhdellä kilowatilla sähköä saadaan aikaiseksi huoneistoon yli 5 kilowattia lämpöenergiaa. Hyötysuhde ja lämmönsiirto pienenevät ulkoilman kylmetessä. Perusmallin ilmalämpöpumpuilla hyötysuhde on noin 1:1 -20 C, mutta osa valmistajista lupaa vielä -30 celsiuksessa lämmintä ilmaa pienemmillä sähkönkulutuksilla kuin sähköpatteri. Jäähdytyskäytössä laitteen energian kulutus ja saatava hyöty ilmoitetaan merkinnällä EER (Energy efficiency ratio). Jäähdytyskäytöllä ILP toimii ilmastointilaitteena ja viilentää huoneistoa. (Motiva Oy:n [www-sivut](http://www.motiva.fi) 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

Lämmitysteho, jonka pumppu voi tuottaa, suhteutetaan lämmitettävän alueen pinta-alaan. Laitekohtaisilla valmistajilla on omat suosituksensa, joista esimerkkinä Haier HSU-07HD03/R2, jonka tehot ovat 2250W ja lämmitysala alle 60m². Tekniikaltaan ILP on samanlainen kuin jääkaappi, ja lämmönsiirto toimii seuraavilla vaiheilla, jotka on esitetty kuvassa 11. Kompressor siirtää lämpöä kahden kennon välillä hyväksi käyttäen laitteen putkistossa kiertävän kylmäaineen olomuodon muutosta. Kun kylmäaine muuntuu nesteestä höyryksi ensimmäisessä kennossa eli höyrystimessä, se sitoo voimakkaasti lämpöä itseensä ja kun se tiivistyy takaisin nesteeksi toisessa kennossa eli lauhduttimessa vapautuu lämpöä. Paisuntaventtiili pitää yllä painetta putkistossa. Ilmalämpöpumpulla ilman lämpöenergiaa muutetaan huoneistoon halutuksi lämmöksi.



Kuva 11. Kylmäaineen kiertokulku (Saimaagardens.one1 www-sivut 2013, hakupäivä 29.10.2013)

Tätä toimintaperiaatetta voidaan suoraan verrata fysiikan laissa termodynamiikan 1. ja 2. säännön hyödyntämiseen, jonka mukaan:

- energiaa ei tehdä eikä hävitetä, ainoastaan muutetaan muodosta toiseen (tämän vuoksi ikiliikkuja on mahdoton)
- lämpöä ei voi muuttaa täydellisesti työksi.

ILP:ssa lämmönsiirrossa käytetään kylmäaineina kaasuseoksia, joiden nesteytymislämpötilat on suunniteltu toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla asuntojen lämmitystä ja viilentämistä varten. R-410A ja R407C kylmäaineet ovat melkeinpä ainoat kaasuseokset joita käytetään. Jos ne pääsevät vuotamaan putkistosta, niistä on kaikista vähiten haittaa otsonikehille. Tulevaisuudessa tullaan kehittämään laitteita, joissa käytetään kylmäaineena hiilidioksidia (CO_2). Hiilidioksidi on täysin luonnonmukainen, mutta vaatii nesteytymiseen korkean paineen, jopa noin 100 baria, ja se vaatisi kylmlaitteiden osien vahvistamista, mikä lisäisi laitteiston hintaa. (Happonen 2010, 33-35.)

Lämmityskäytössä ulkoyksikön kennossa kylmäaine höyrystyy. Samalla kylmäaine si-

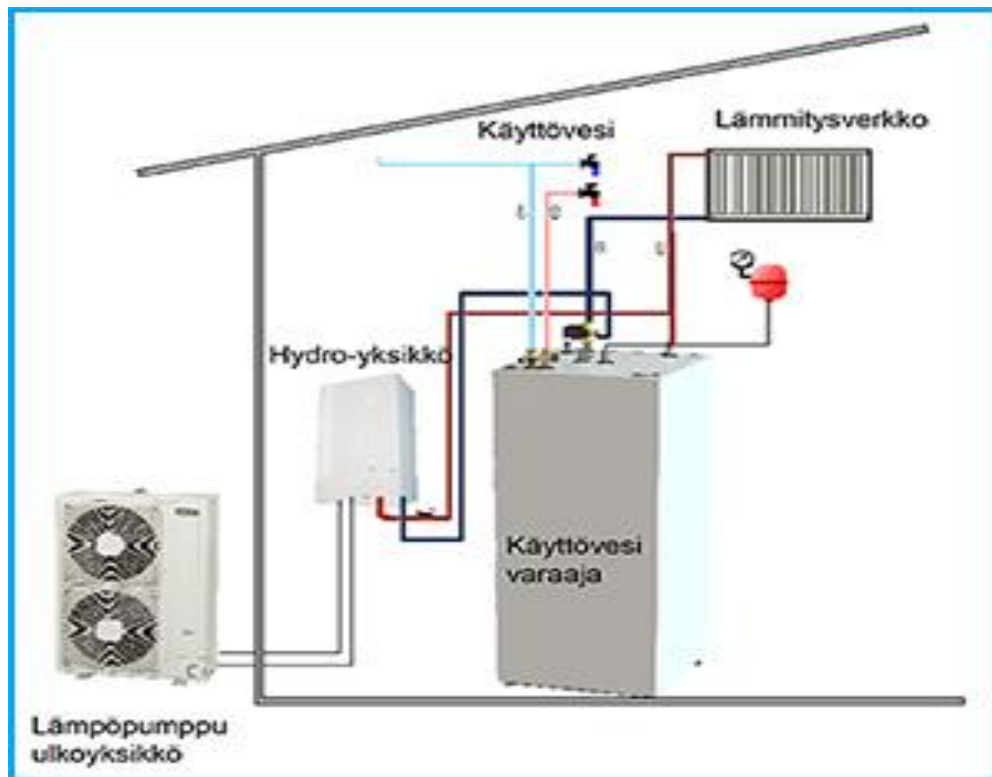
too itseensä paljon energiaa ulkoilmasta muuttuessaan nesteestä kaasuksi. Höyry suuntaa putkistossa sisäyksikköä kohden, jossa se muutetaan takaisin nesteeksi. Sen jälkeen se luovuttaa ulkoa saadun lämpöenergian puhallettavalle ilmalle, joka siirtyy osaksi huoneen sisäilmaa lämmittäen sitä. Sisäyksikössä oleva neste jatkaa matkaansa ulkoyksikölle ylipaineen vuoksi. Se siis lähtee uudelle lämmön hakureissulle, ja ennen ulkokennoa oleva kuristin eli pieni reikä jarruttaa nesteen etenemistä ja pitää kompressorin painetta yllä. Kompressoria tarvitaan tuottamaan sisäyksikön kennolle tarvittava ylipaine ja ulkoyksikön kennolle alipaine, jotta putkistossa olevan aineen höyrystyminen / nesteytyminen olisi mahdollista. Uusimmissa ilmalämpöpumpuissa käytetään kuristimen apuna tarkemmin automatiikalla ohjattavaa elektronista paisuntaventtiiliä ja kompressorityyppinä scroll-kompressoria. Scroll -kompressorin etuina ovat muun muassa laaja tehoalue, hiljainen ja värinätön käyntiääni. Ne ovat pitkäikäisiä ja kestävät hyvin jatkuvaa käyttöä ääriolosuhteissa.

Lämmityskäytössä lämmöntuoton keskeyttävät välillä niin sanotut sulatussyklit, joissa tarkoituksen mukaisesti vaihdetaan prosessi toisinpäin, jotta ulkokennoon muodostuneet jääkerrokset sulatettaisiin. Näin saadaan maksimoitua ilmalämpöpumpun tehokkuutta kylmimpinä sään aikoina. Pumpun ei suositella käytettävän -20 celsiusta kylmemmissä olosuhteissa, koska hyötysuhdetta ei tällöin tule ja silloin rakennuksen lämmitys on rinnakkaislämmityksen varassa. Jäähdytyskäytössä käännetään ilmalämpöpumpun toiminta vastakkaiseen verrattuna lämmityskäytössä. Nelitieventtiili kääntää kylmäaineen kieron vastakkaiseksi. Höyrystin ja lauhdutin vaihtavat paikkaa. Sisäyksikön kennossa höyrystyy kylmäaine, joka kerää sisäilman lämpöenergiaa. Puhallin puhalttaa ilmaa ulkoyksikölle päin, jossa höyrystynyt kylmäaine muuttuu nesteeksi ja vapauttaa energian ulkoilmaan. (Motiva Oy:n [www-sivut](http://www.motiva.fi) 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

Laitteiston asennustyö on nopeata ja valmistuu päivässä. Edullisimman ILP:n saa Ultimate marketista 650 € (hinta haettu 27.7.2013) ja siihen lisäksi 500 € :n asennuskulut (Sähköasennus J.Ylimäinen). Yleensä ILP myydään valmiina avaimet käteen pakettina ja niiden hinta vaihtelee 1500 € - 2500 € :n välillä riippuen kuinka tehokkaan laitteen ostaa. Parhaan hyötysuhteen ILP:stä saa syksyisin ja keväisin noin 3,5 - 5 COP:n arvoilla. Muuten joudutaan turvautumaan toiseen lämmitysmuotoon. Vaihtelevan käyttötarpeen ja mahdollisen kesäkäytön viilennyksen takia, on hankala sanoa missä ajassa ILP maksaa hintansa takaisin. Mutta oikein hyödynnettynä 3 - 4 vuotta on realistinen ja ei loppujen lopuksi kovin pitkäkään aika. (Laurila 2013, 21.)

3.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu on toiminnaltaan lähes samanlainen kuin ilmalämpöpumppu. Ainoana erona on, ettei ulkoilmasta saadulla lämpöenergialla lämmitetä huoneiston ilmaa vaan varaajan vettä. Varaajasta vesi voidaan ottaa joko käyttövedeksi tai huoneistojen lämmitykseen, kuten kuvassa 12 näytetään. Käyttöveden lämmitys onnistuu 55 - 60 celsiusasteeseen huonolla hyötysuhteella ja apuna täytyy käyttää sähkövastuksia. Eräs ajatus olisi käyttää IVP:tä esilämmittäjänä 30 – 40 celsiusasteeseen ja tästä vesi siirrettäisiin erilliseen varaajaan sähkövastuksilla lämmitettäväksi. Lattiassa kiertävään lämmitysputkistoon IVP:n hyötysuhde riittää hyvin, kun lämpötila niissä yleensä on 35 celsiusastetta. Vesipattereiden kanssa tuleekin jo ongelmia, kun niiden lämpötila täytyy nostaa yli kuuteenkymmeneen celsiusasteen kylmimpinä vuodenaikoina. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)



Kuva 12. IVP kytkennät (Parhaatlämpöpumput www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013)

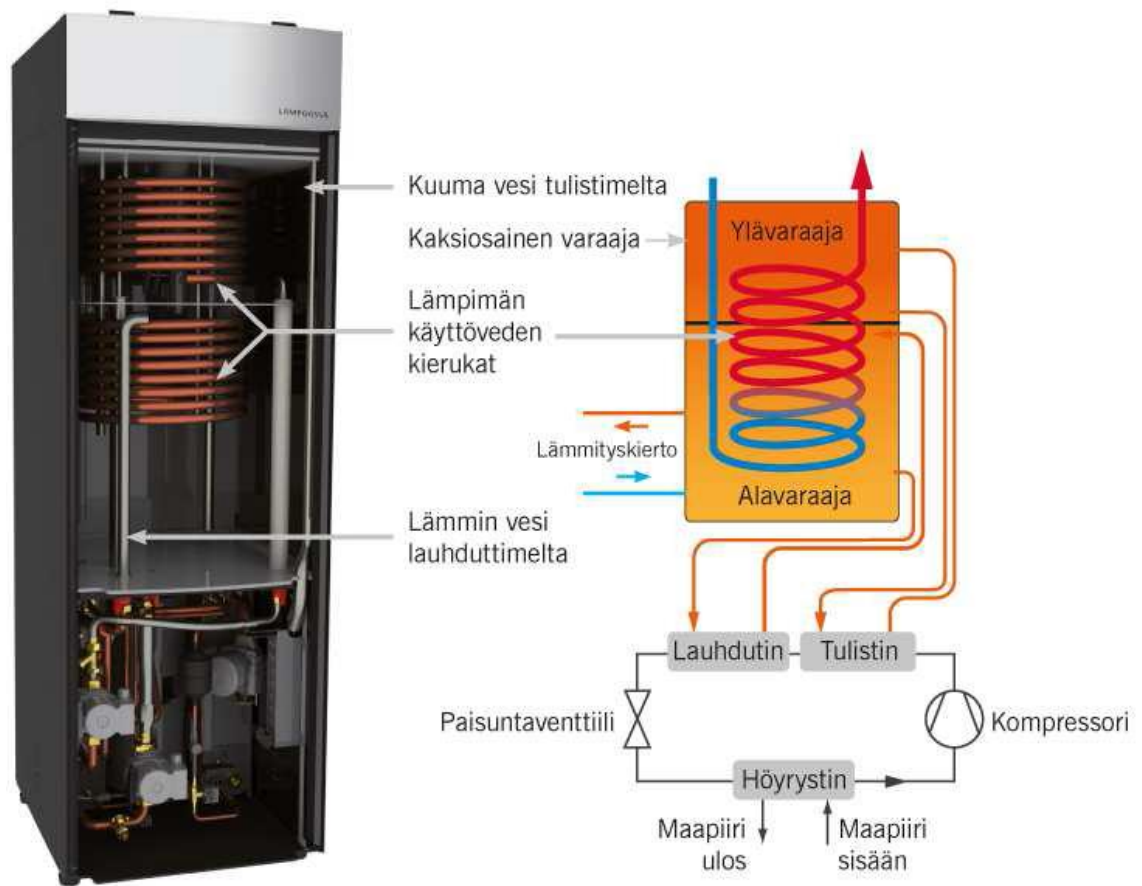
Ottaen huomioon Suomen vuodenaikojen vaihtelut, talvella jolloin on kylmintä ja lämpimän veden tarve suurinta, on ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde pienimmillään. Yleisesti ilma-vesilämpöpumpun COP arvo on 1,4 - 3 ja sen käyttöominaisuudet heikkene-

vät, jos on paljon tarvetta yli 50 celsiusasteiselle vedelle. Energiansäästöä ei synny tarpeeksi ja laitteisto ei maksa takaisin investointihintaansa. IVP:n hinta asennuskuluineen on, noin 8000 - 9000 €. Se on investointi hinnaltaan maalämpöä edullisempi, muttei ole niin kannattava suurissa kiinteistöissä. Se sopii paikkoihin joissa maalämpöpumppua ei voi asentaa. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

3.4 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpuista on tullut yksi suosituimmista pientalojen lämmitystarpeen täyttäjistä, jos seuraa niiden myyntitilastoja. Ihmisten positiiviset kokemukset, käytön edullisuus sekä ennen kaikkea helppous ovat tehneet MLP:sta tutun näyn niin uudisrakentamisessa, kuin saneerauksessa omakotitalojen käyttöveden ja lämmityksen laitteistona. Ammattilaisen asennuksen jälkeen talon asukkaiden ei yleensä tarvitse muuten koskea maalämpöpumppuun, kuin muuttaakseen haluttua lämpötilaa.

MLP:n toiminta on pitkälti samanlainen kuin ILP:n. Ainoina suurina eroina ovat niiden teholuokat. ILP:t ovat yleensä 1,5 kW-tehoisia kun taas ilmalämpöpumput 8,0 kW-tehoisia. Lisäksi maalämpöpumpun kylmäaine kiertää maan sisällä, kun taas ilmalämpöpumppu hyödyntää ulkoilmaa. Maan lämpötila ei kuitenkaan käy pakkasen puolella kylmimpinäkään aikoina, joten tästä syystä MLP:n hyötysuhde on korkeampi ympäri vuoden. Yleisempiä käytössä olevia maalämpöpumppuja ovat jääkaappia ulkoisesti muistuttavat mallit, joissa itsessään on kaikki tarvittava kalustus sen toimintaan, kuten kuvassa 13 näytetään. Tämän kaltaisesta mallista löytyy sisältä kompressorin (kuva 14), jolla pidetään kylmäaineen kiertoa yllä, paisuntaventtiili, joka säätelee painetta putkitossassa (kuva 15) ja vaihtaventtiili, jolla muutetaan käyttöveden ja huoneistojen lämmitysveden lämmitystä vuorottain. Jos esimerkiksi pesun aikana lämpimän veden lämpötila laskee liian alas, se muuttaa kylmäaineen kierron lämmittämään käyttövettä. Muissa tapauksissa kierto lämmittää huoneistoihin menevää veden kiertoa. Lisäksi laitteistossa itsessään on noin 170 litran lämminvesivaraaja, sähkövastukset, jos kylmäaineen kierrosta ei saada tarpeeksi lämmintä vettä käyttöön ja paneeli käyttö varten. Yleisesti tämä paketti ratkaisu on helppo sijoittaa omakotitaloon tekniseen tilaan tai vastaavaan paikkaan. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)



Kuva 13. Maalämpöpumpun sisuskalut (Turkki 2013,12)



Kuva 14. Maalämpöpumpussa käytettävän scroll-kompressorin toimintaperiaate (Tekniikan Maailma 18E/2012, 8)

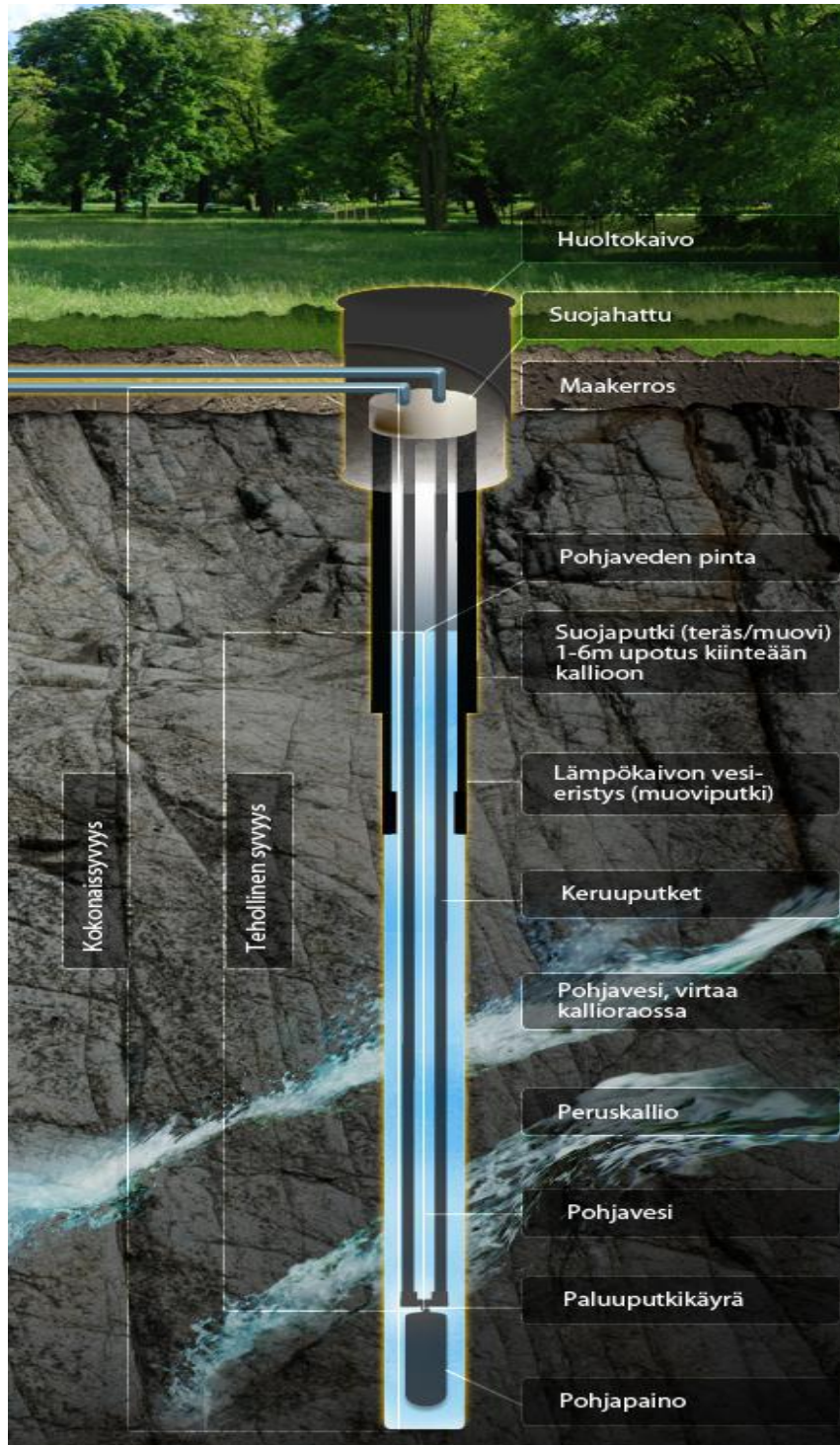


Kuva 15. Maalämpöpumpussa käytettävän paisuntaventtiilin toimintaperiaate (Tekniikan Maailma 18E/2012, 8)

Ensisijaisesti MLP:n asennuksen suorittaa siihen merkkikohtaisen koulutuksen saanut lvi- ja sähköalan ammattilainen. Uudiskohteissa asennukseen kuluu päivä, saneeraus- sessa kaksi päivää. Yleensä saneerauskohteissa vanhan lämmityslaitteen purkaminen kuuluu urakkaan ja se lisää työtuntien määrää. Yleisesti kaikki asennukset ovat tapaus- kohtaisia. “Maalämpöboomille” ei näytä olevan loppua, koska sähköenergian jatkuva hinnan nousu luo paineita vaihtaa edullisempaan. Suomessa on noin 220 000 öljyläm- mityskattilaa, puoli miljoonaa suorasähkölämmitystä ja 200 000 vesikierroista sähkö- lämmitystä odottamassa oman kiertokulkunsa päättymistä ja vaihtumista edullisempaan, sekä nykyaikaisempaan lämmitysmuotoon.

MLP ottaa lämpöenergiaa maaperästä, jota aurinko on lämmittänyt. Maahan asennetaan putkisto, jossa kiertää kylmäaine. Putkistoa kutsutaan keruupiiriksi ja sen tehtävä on kerätä maasta lämpöä itseensä ja siirtää se MLP:n laitteistolle höyrystimen kautta. Ke- ruupiirejä on kolmea erilaista: porakaivo, kenttä, sekä vesistö. Niitä hyödynnetään sen mukaan millainen asennuskohde on kyseessä. Porakaivo tehdään maaperästä riippuen 100 - 200 metriä syväksi ja siitä voi saada energiaa 50 - 150 kWh/m vuodessa. Mitä lähempänä peruskallio on maanpintaa, sitä helpompi on kallioperästä kerätä lämpöä. Suunnittelussa ja MLP:n asetuksia tehdessä on muistettava, että kallion lämpötila tippuu 1 - 2 astetta parin vuoden käytön jälkeen. Vesistöihin laskettava keruupiiri on kolmesta vaihtoehdoista kaikista edullisin. Keruupiiri lasketaan painojen avulla lammen tai järven

pohjaan, ja kaivinkoneella töitä ei tarvitse tehdä kuin vesistön ja talon maan välinen osuus. Vesistöissä on hyvinä puolina myös sen lämmön tasaisuus pitkin vuotta. Vuositain energiaa on saatavissa 70 - 80 kWh/m olettaen, että putkisto on tarpeeksi syvällä vesistön pohjassa. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.) Kuvassa 16 on esitetty lämpökaivon rakenne.



Kuva 16. Lämpökaivon rakenne (Annola 2012, 27)

Kenttäkeruupiiriä käytetään silloin kun kallio on liian syvällä maan uumenissa ja pienrakennuksen tontilla on paljon pinta-alaa hyödynnettävänä. Yleensä putkisto kaivetaan maahan vaakasuoraan noin 1 - 1,2 metrin syvyyteen. Syvemmälle ei voi kaivaa, koska vuodenaikojen vaihtelun aiheuttama maan lämpeneminen pitää ulottua putkien upotussyvyyteen asti. Keruukenttä vaatii nopeasti jopa 1000 neliometriä tai enemmän. Kenttä ei kuitenkaan rajoita maan käyttöä nurmikkona tai kevyiden rakennusten kuten varastojen, pohjana. Keruuputkea tulee olla 1 – 2 metriä rakennuksen tilavuuskuutiometriä kohden ja silmukoiden täytyy olla 1,5 metrin etäisyyksissä toisistaan. Kuvassa 17 on kenttäkeruupiirin malli. Keruukentän hyviä puolia on sen rakennuskustannuksen alhaisempi hinta verrattuna porakaivoon. Huonoja puolia on vuodenaikojen tuoma vaihtelu maan lämpötilaan. Kesällä maaperä on lämmin kun lämmitystarve on vähäistä ja talvella kylmä kun lämmitystarve on suuri. Suomessa keruupiirillä voidaan saada lämpöä etelässä 30 – 60 kWh/m ja pohjoisessa 0-35kWh riippuen siitä, millaista maaperä on. (Tekniikan Maailma 18E/2012, 9 - 10.)



Kuva 17. Maalämpöpumpun kenttäkeruupiiri (Co2-raportti [www.sivut2013](http://www.sivut2013.fi), hakupäivä 10.9.2013)

Kolmas vaihtoehto on sijoittaa keruupiiri vesistöön, jos sellainen on pienkiinteistön vieressä, kuten meri, järvi tai joki. Tämä on esitetty kuvassa 18. Lämmönkeruupiiri ankkuroidaan vesistön pohjaan kiinni painojen avulla ja putket ovat toisistaan 3 - 5 metrin etäisyydellä. Veden hyvän lämmönsiirto-ominaisuuden ansiosta, siitä on mahdollista ottaa enemmän lämpötehoa kuin maaperästä. Kuitenkin suunnittelussa täytyy olla varma, ettei lämpötila keruupiirin ympärillä laske +1 celsiusasteeseen. Jos näin käy, on

vaarana että putkiin kertyy jäätä ja sen tuottaman nosteen takia putkisto kohoaa veden pinnalle. Putkisto tulisi asentaa vähintään kahden metrin syvyyteen, jotta sen ympärillä vesimassa pääsisi liikkumaan tarpeeksi. Kustannuksilta vesistöön keruupiirin asennus on edullisempi kuin lämpökaivo, mutta sen asennus on teknisesti hankalampaa. (Motiva Oy:n [www-sivut](http://www.sivut) 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

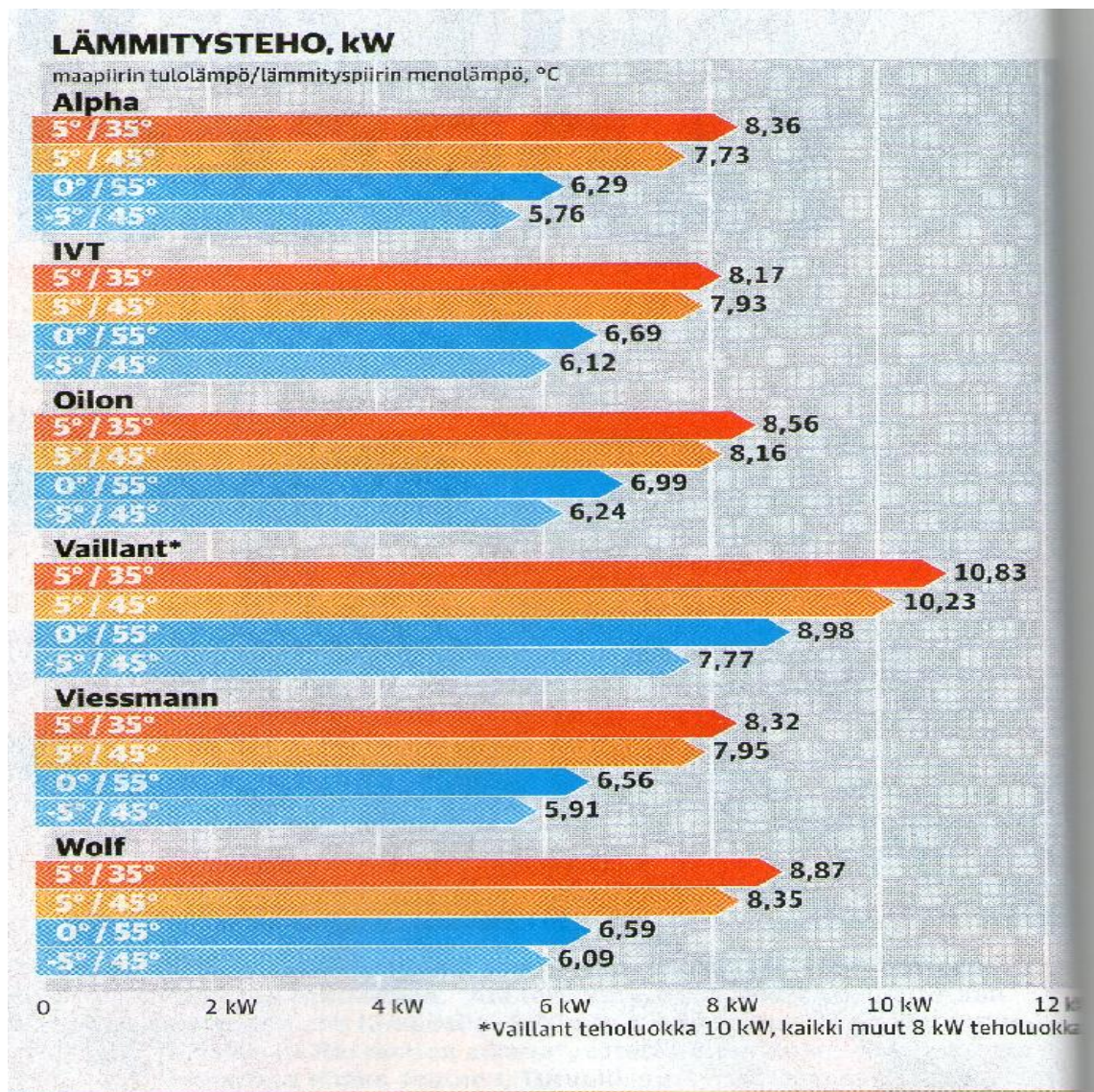


Kuva 18. Maalämpöpumpun vesistökeruupiiri (Lviporetta Oy:n [www-sivut](http://www.sivut) 2013, hakupäivä 10.9.2013)

Parhaimman hyötysuhteen maalämpöpumpuista saa irti yleensä vesikiertoista lattialämmitystä käyttävissä uusiorakennetuissa kohteissa. Huonompi hyötysuhde saadaan vanhoissa taloissa, joissa on ikkunoiden ääreen asennetut lehtipatterit. Lattialämmityksessä veden lämpötila on noin +35 celsiusastetta ja MLP:n COP-kerroin on yli neljä. Lämmityspattereiden täytyy taas olla yli kuusikymmentä asteisia, jotta lämmintä ilmaa riittäisi hyvin ympäri huonetta. Tämä myös tiputtaa huomattavasti COP:ta alas noin 2,3:een. Yleisesti maalämpöpumput tekevät lämmityksessä sen, mitä lupaavatkin. Kaikki muu on kiinni pienrakennuksen oikein rakentamisesta ja laitteiston käyttäjästä itsestään. Hintaa laitteistolla tulee 7500 - 10 000 € ja siihen päälle porakaivon-, kenttä- tai vesistönkeruupiirin rakennustyöt ja muut asennustyöt. Hinta nousee kokonaisuudessaan 12 000 - 20 000 euroon. Keskimäärin MLP käyttää sähköä vuosittain noin 10 000 kWh 130 neliöisessä talossa. Tämä on alle puolet sähköpattereiden sähkön tarpeesta. Hankin-

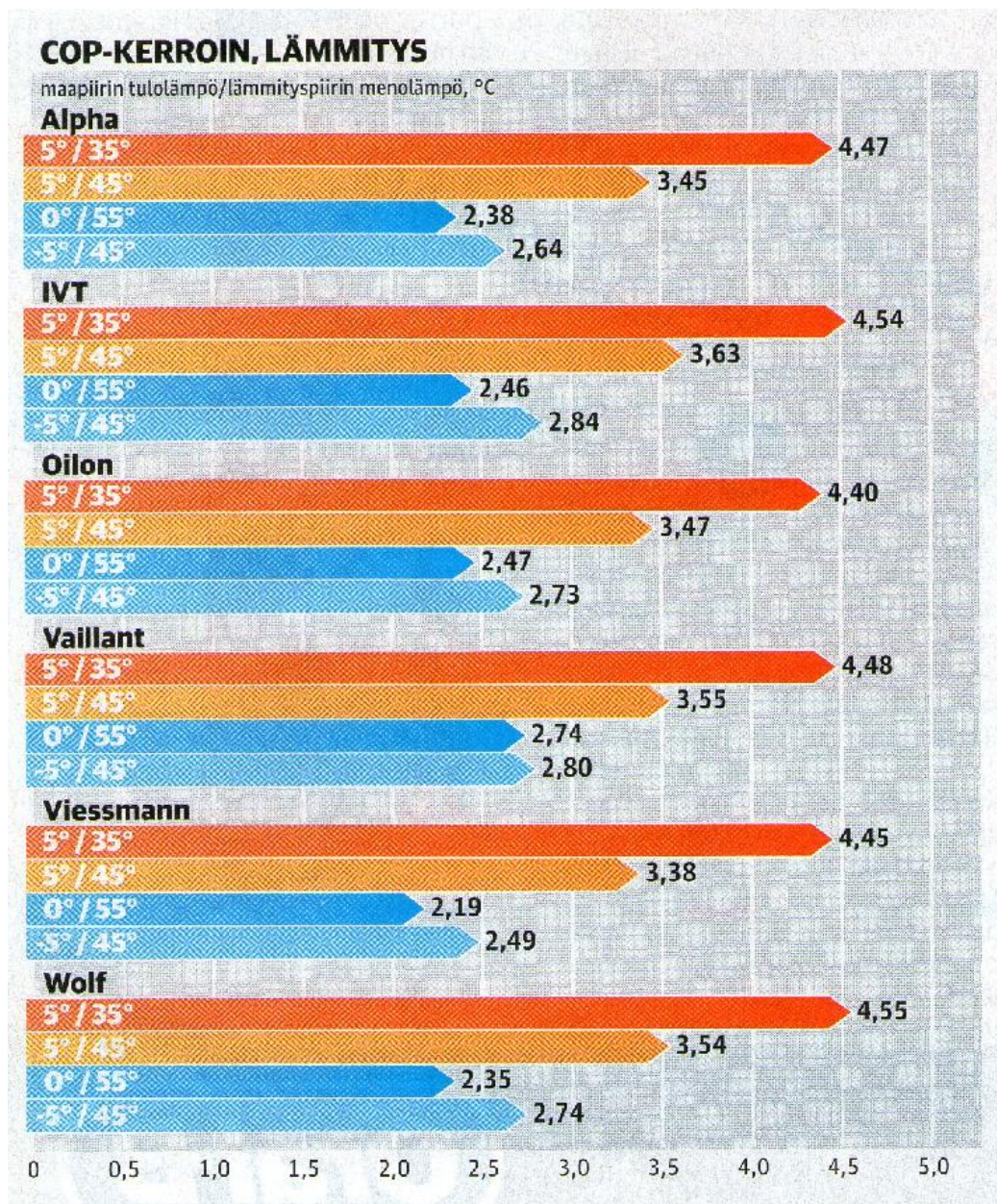
takulut ovat suuret maalämpöpumpulle. Käyttökuluissa MLP maksaa itsensä takaisin paremmin kuin suorasähkölämmitys. (Tekniikan Maailma 18E/2012.)

Kuvissa 19, 20 ja 21 vertaillaan eri maalämpöpumppujen lämmitystehoa, sekä lämmityksen ja lämpimän käyttöveden COP-kertoimia. Kuvassa 19 on vertailussa kuusi eri valmistajan maalämpöpumppua. Neljässä eri vertailulämpötilassa verrataan MLP:n maapiirin tulolämpötilan ja lämmityspiirin menolämpötilan lämmitystehojen eroa. Vertailussa kaikki muut MLP:t ovat lämmitysteholtaan 8 kW, paitsi Vaillant -merkkinen, mikä on 10 kW. Vertailtavista näkee, että eri valmistajien MLP:jen lämmitystehoissa ei ole suuria eroja.



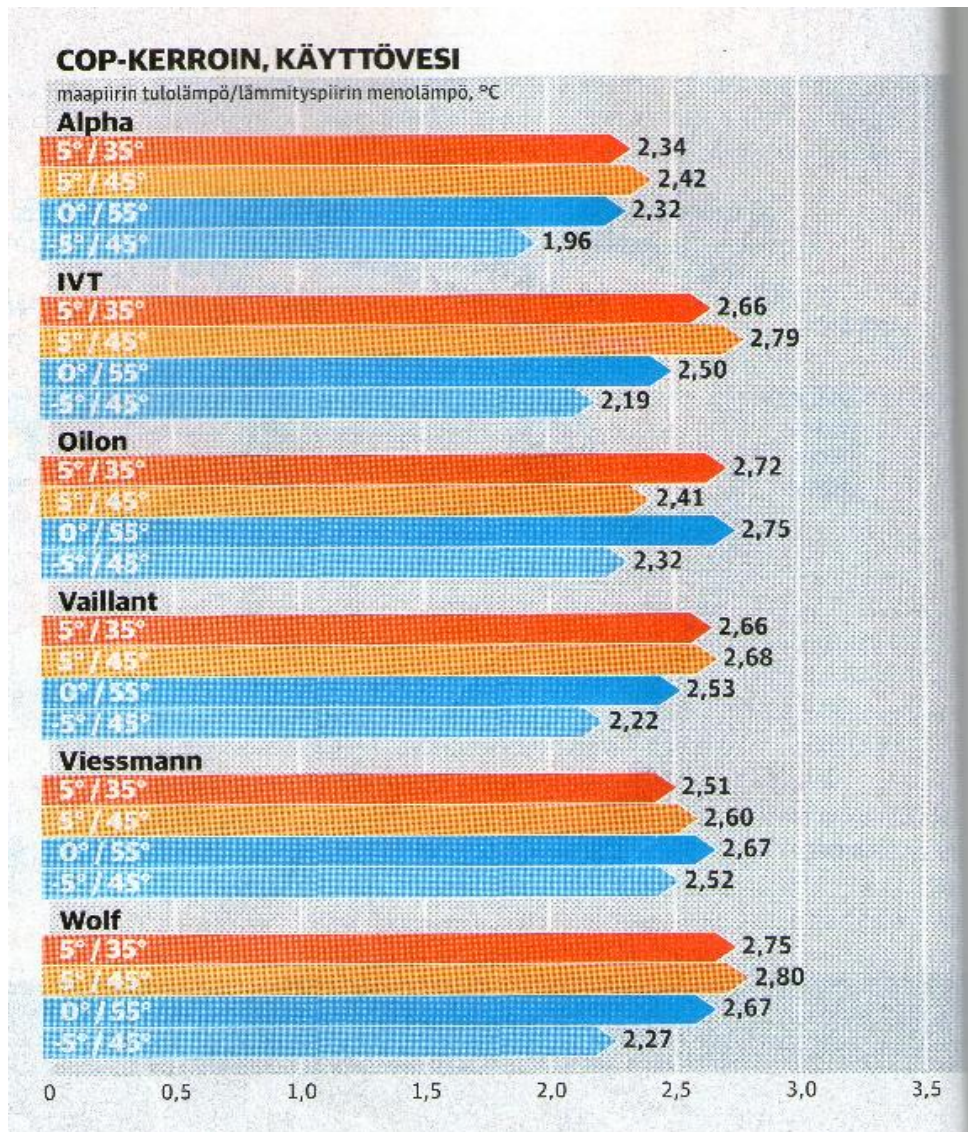
Kuva 19. Eri valmistajien maalämpöpumppujen tehojen vertailu (Tekniikan Maailma 18E/2012,14)

Kuvassa 20 on vertailussa kuusi eri valmistajan maalämpöpumppua. Neljässä eri vertailulämpötilassa verrataan MLP:n maapiirin tulolämpötilan ja lämmityspiirin menolämpötilan COP-kertoimen eroa huoneistojen lämmityksessä. Lämmityksen COP-kertoimessa ei ole huomattavia eroja verrattavien valmistajien kesken



Kuva 20. Eri valmistajien maalämpöpumppujen COP-kertoimen huoneistojen lämmityksessä vertailu (Tekniikan Maailma 18E/2012,14)

Kuvassa 21 on vertailussa kuusi eri valmistajan maalämpöpumppua. Neljässä eri vertailulämpötilassa verrataan MLP:n maapiirin tulolämpötilan ja lämmityspiirin menolämpötilan COP-kertoimen eroa käyttöveden lämmityksessä. Vertailusta voi todeta, että maalämpöpumppujen COP-kertoimen hyötysuhteissa käyttövedenlämmityksessä ei ole suuria eroja.



Kuva 21. Eri valmistajien maalämpöpumppujen COP-kertoimen käyttöveden lämmityksessä vertailu (Tekniikan Maailma 18E/2012,14)

4 VALAISTUS

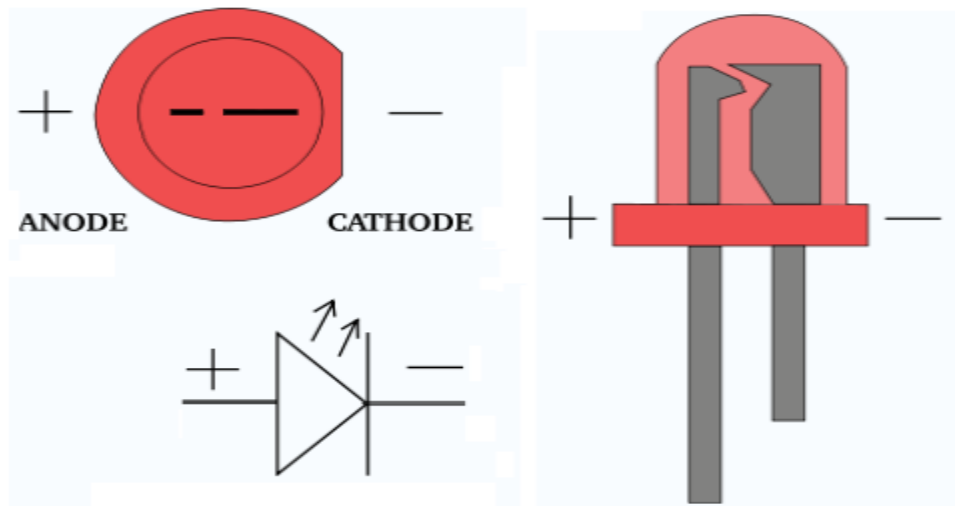
Valaistuksellakin on oma vaikutuksensa omakotitalon sähkönkulutuksessa. Suomessa valaistusta joudutaan käyttämään paljon pitkin vuotta, koska pitkä pimeä kausi alkaa jo syksystä ja jatkuu talven läpi pitkälle kevättä. Pitkään suurin osa kotien valaistuksesta hoidettiin hehkulampuilla ja loisteputkilla, mutta valaistuksessakin on alettu siirtymään uuteen vaiheeseen ja uuteen tekniikkaan. Hehkulamppujen vaihtuessa pois tilalle on tullut erilaisia säästö- ja led-lamppuja joiden sähkönkulutuksesta ei mene suurinta osaa lämmittämiseen. Hehkulamppu kun käyttää sähköstään noin 95 % lämmöntuottoon ja loput 5 % valon tuottamiseen.

4.1 Valaistuksen ohjaus ja säätö

Valaistuksen ohjauksella pyritään valaistuksen mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Valaistuksen ohjaus on mahdollista erilaisilla kello-, hämärä- ja liiketunnistinkytkimillä. Kellokytkimellä asetetaan aika jolloin valaistus on päällä ja pois päältä. Hämräkytkin tunnistaa milloin ympäristö muuttuu tarpeeksi hämäräksi ja sytyttää valaistuksen. Liiketunnistin toimii liikkeestä ja huomioi valaistuksen tarpeen silloin kun alueella on ihmisiä. Näitä vaihtoehtoja käytetään paljon myös yhdistelmänä jolloin saadaan mahdolliseksi monipuolisin ohjaus. Hehkulamppuja vaihtaessa energiansäästö- tai led-lampuiksi täytyy huomioon ottaa wattimäärän lisäksi valovirran eli lumeneiden määrä, värintoist ominaisuudet Ra -indeksi ja valon lämpöväritila. Normaali hehkulamppussa lämpöväritila on 2700 kelviniä, kun led-lamppuja myydään värilämpötilaltaan väliltä 2500 – 6000 kelviniä. (Honkanen 2009,1-7.)

4.2 Led

Lyhenne led tulee sanoista light emitting diode. Vapaasti suomennettuna se tarkoittaa valoa hohtavaa diodia. Led on puolijohdekomponentti, jossa on anodi eli positiivinen puoli ja katodi eli negatiivinen puoli. Kuvassa 22 on esitetty ledin rakenne.



Kuva 22. Ledin rakenne (Jokinen 2011, 9)

Led keksittiin jo 1900-luvun alkupuolella ja sen valontuotto-ominaisuudet huomattiin 1950-luvulla. Kuitenkin sen käyttö valaistuksessa yleistyi vasta 2000-luvulla ledin valotehon kehittyessä paremmaksi. Nykyään käytetään suurteholedejä, joilla on valotehokkuus jopa 100 lm/w. Näillä korvataan hehku-, halogeeni- ja loisteputkilamppuja. Euroopan Unionin mukaan Led-lampun täytyy olla valotehokkuudelta vähintään 806 lumina ja vastata 60 watin hehkulamppua. Ledin hyviä ominaisuuksia on sen pitkä käyttöikä, vähäinen sähkön tarve, toimivuus kylmässä ja vähäinen lämmön tuotto. Se on myös luontoystävällinen, koska sen voi hävittää muun muovijätteen kera. Lediä ainoita huonoja puolia ovat sen kallis investointihinta ja kestävyys kuumissa olosuhteissa, tai ennemminkin sen elektroniikan kestävyys, jota käytetään ledien soveltamisessa 230V jännitteen kanssa. Ledejä voi asentaa vanhoihin valaisimiin, koska niitä on kattava valikoima standardi kannoilla, joita markkinoilla käytetään (esimerkiksi E14, E27). Tästä löytyy esimerkki kuvassa 23. Yleisesti ledit kuitenkin rakennetaan 12 voltin tasajännitejärjestelmään ja kotitalouksien 230V verkko muutetaan sopivaksi muuntajalla. Kyseisessä ratkaisussa täytyy vain mitoittaa muuntaja sopivaksi, jotta siitä saadaan tarpeeksi virtaa valaistaville ledeille. Ledeillä voi toteuttaa koko omakotitalon sisä- ja ulkovalaistuksen. (Jokinen 2011, 18.)



Kuva 23. Nestejäähdytetty led-lamppu E27 kantaan (Jokinen 2011,40)

4.3 Halogeeni

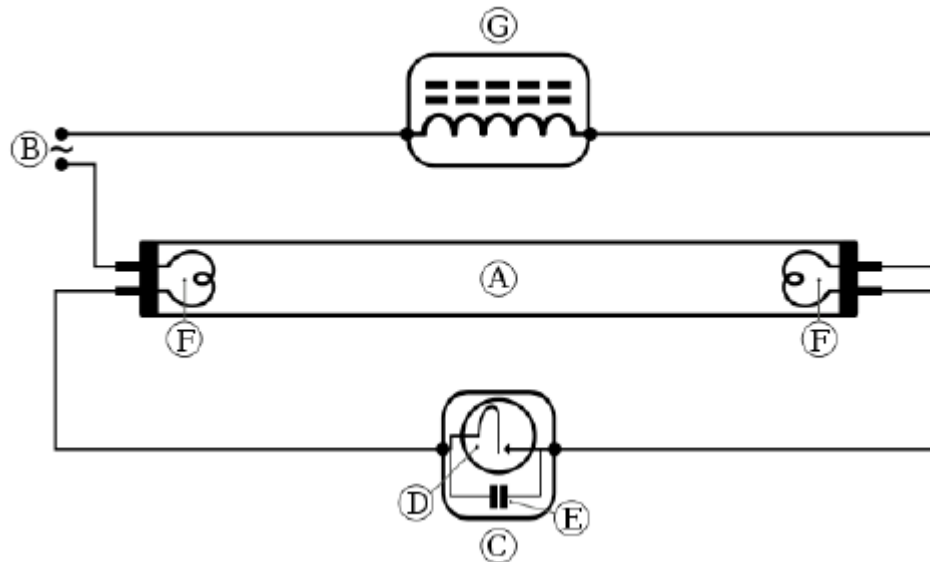
Halogeenilamppu (kuva 24) on tänä päivänä lähin tekniikaltaan ja ominaisuuksiltaan hehkulamppua muistuttava valaisin. Halogeenilamput kuluttavat noin 30 % vähemmän sähköä ja kestävät tuplasti kauemmin kuin perinteiset hehkulamput. Niitä käytetään kohteissa joihin energiansäästölamput tai Led-lamput eivät sovellu, esimerkiksi varastot ja komerot, koska valaistuksen käyttötarve ei ole suurta. Halogeenilampun lasikupu on täytetty yleensä joko bromi- tai jodikaasulla. Sisällä lampussa on volframilanka, jota voidaan kuumentaa suuremmalle lämpötilalle kuin hehkulamppua, joten se tuottaa enemmän valoa. Jos halogeenilamppua käytetään himmennyksessä, kaasu ei ole tarpeeksi lämmintä ja se tiputtaa lampun käyttöikä. Kuuma lasikupu lisää myös haasteellisuutta asennukseen, koska lämmöntuotto on suurta ja etäisyyttä pitää olla tarpeeksi palaviin materiaaleihin. Hinnaltaan halogeenilamput ovat edullisia. Valotehokkuus niissä on noin 15 lm/W, mutta ne eivät niin ole pitkäikäisiä kuin led- ja energiansäästölamput. (Honkanen 2009, 3.)



Kuva 24. Halogeenilamppu (Taloon yhtiöt Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 26.7.2013.)

4.4 Loisteputki

Loisteputkilampuissa valoa saadaan kaasuuntuneen ultraviolettisäteilyä synnyttävän elohopean avulla. Tämä ilmiö luodaan sähköpurkauksen avulla. Loisteputken sisällä on kaasua, jolla pidetään sähköpurkausta hallinnassa ja helpotetaan syttymistä. Putken sisäpinta on päällystetty materiaalilla, joka muuttaa UV-säteilyn näkyväksi valoksi. Hyviä puolia loisteputkissa on kirkas ja näkyvä valo sekä korkea valotehokkuus. Yleisimpiä käyttökohteita loisteputkelle ovat keittiö, wc ja kylpyhuone. Loisteputkea on kahta erilaista mallia ja niiden ominaisuuksissa on eroja. Vanhemman mallisten T8 - loisteputkien valotehokkuus on 80 lm/W. Haittapuolina vanhemman mallin laitteistoissa on niiden tuottama loisteho, hidas syttyminen ja heikko toiminen kylmissä olosuhteissa. Kuvassa 25 on esitetty vanhemman loisteputken tekniikka ja kuvassa 26 perinteinen loisteputki. (Honkanen 2009, 3.)



Kuva 25. Loisteputken vanhempaa tekniikka (Iso-Heiniemi 2010, 3)

- A= Loisteputki
- B= Sähkölähde
- C= Hohtosytytin
- D= Bi-metallinen termostaatti
- E= Kondensaattori
- F= Elektrodit
- G= Kuristin



Kuva 26. Loisteputki (Inspector Sec Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 26.7.2013)

Uudemmanmalliset T5 -loisteputket ovat ohuempia, kuin T8 -malliset ja ne kuluttavat vähemmän sähköä. Sähköä kuluu lampusta riippuen 7 - 40 %. T5 -loisteputkia voi

himentää niille tarkoitetulla himmentimellä ja niiden valontuotto on 104 lm/W, mikä on suurempi kuin T8 -mallissa. Uudemmissa loistevalaisinmalleissa on elektroninen liitäntälaitte, jolla korvataan sytytin, kuristin, sekä kompensointi- ja radiohäirintäkon- densaattori. Lamppujen käyttötaajuus on noin 30 kHz, jonka ansiosta sen tuottama valo on värinätöntä. Ihmisen aivo ja silmät havaitsevat vain alle 1000 Hz taajuusalueella olevan värinän. (Iso-Heiniemi 2010, 22 – 25.)

4.5 Energiansäästölamput

Energiansäästölamput ovat periaatteessa samanlaisia kuin loisteputkilamput. Energiansäästölamput on itsessään sytytinlaitteisto ja lisäksi kierrekanta, joten sen voi asentaa suoraan hehkulampun tilalle. Energiansäästölampulla on samat ominaisuudet kuin loisteputkilla, mutta lampun käyttöön loppuessa, tai kun se rikkoontuu, vaihdetaan kerralla lampun lisäksi myös sytytinlaitteisto, koska se on fyysisesti kiinni lampussa. Energiansäästölamppu syttyy hitaasti täyteen valotehoon. Se ei toimi kunnolla kylmissä olosuhteissa ja se tuottaa verkkoon myös yliaaltoja. Energiansäästölamppuja on saatavana myös himmennettävänä. Kuvassa 27 esitellään erilaisia energiansäästölamppuja.



Kuva 27. Erilaisia energiansäästölamppuja (Sähköalan www-sivut 2013, hakupäivä 28.10.2013.)

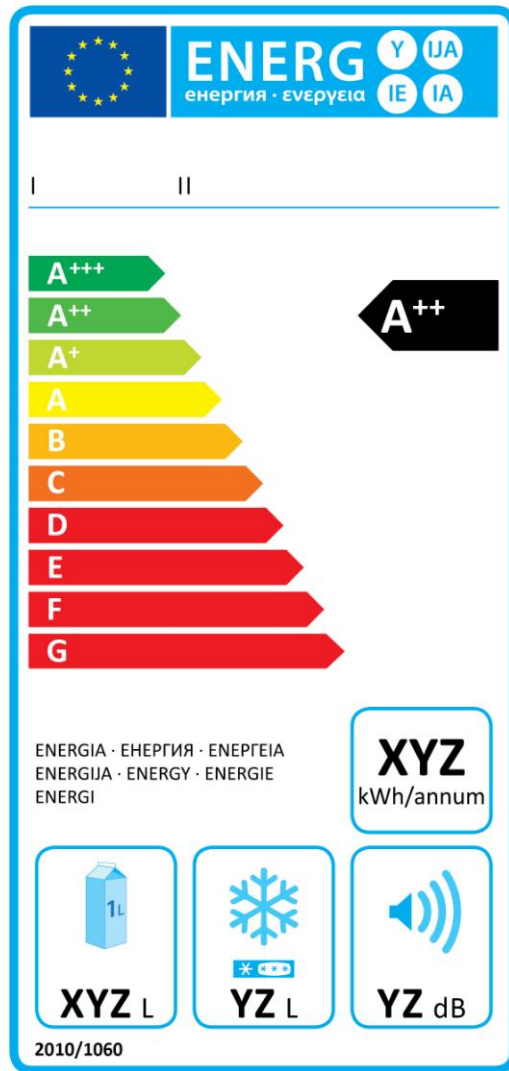
5 KODINKONEET

Sähkön kallistunut hinta ja tekniikan kehittyminen on tuonut mukanaan positiivista kehitystä myös kodinkoneiden energiataloudellisuudessa. Led-tekniikkaa hyödynnetään taulutelevisioissa, niiden taustavalaistuksessa ja mahdollisesti tulevaisuudessa lcd-tekniikka väistyy kokonaan tieltä ja katsomme televisiota OLED -näytöistä. Jääkaapit ja pakastimet tarvitsevat nykyään vähemmän sähköä ruokien ja juomien säilyttämiseen halutussa lämpötilassa. Liedet muuttuvat induktioliesiksi, joiden avulla ruokaa voi valmistaa nopeammin ja sähköä säästäen.

Uusista kodinkoneista saa selville todellisen kulutuksen kun kaikille valmistajille on luotu yhteiset standardit mittauksien suorittamiseen. Lisäksi uusien merkintöjen ansiosta laitteistoa ostaessaan saa jo paremman käsityksen sen vuosittaisesta kulutuksesta niin sähkön, kuin tarvittaessa veden osalta. Energiamerkinnot on vaadittu tiettyihin kodinkoneisiin jo vuodesta 1995 lähtien. Merkinnot alkuperäinen tarkoitus on ollut opastaa ostajaa valitsemaan luontoa ja energiaa säästävän laitteen. Tuolloin myös päätettiin laitteiden jako kirjainmerkinnöillä eri luokkiin. G luokan saanut laite oli huonoin ja A luokan laite parhain. Nykyään A:han lisätään perään ”+” merkintöjä, kun arvosteluasteikko loppui kesken. Korkein mahdollinen asteikko on tällä hetkellä A+++ ja alhaisin on D. Energiatohokkuus lasketaan jokaiselle laiteryhmälle erikseen soveltaen energiatohokkuusindeksiä. (Motiva Oy:n [www-sivut](http://www.motiva.fi) 2013, hakupäivä 18.10.2013)

Kuvassa 28 on uusi merkintätapa kodinkoneille. Siitä löytyy seuraavat asiat:

- energiatohokkuusluokka
- energian kulutus kilowattitunteina vuodessa
- veden kulutus litroina vuodessa
- äänitaso desibeleinä
- kuivaustohokkuus ja nimelliskapasiteetti perusastioilla peruspesuohjelmalla.



Kuva 28. Uusi merkintätapa Euroopassa kodinkoneen energiankulutuksesta.
(Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013)

Vuonna 2009 Euroopan Unioni kehitti Eco-Design -direktiivin, toisin sanoen ekosuunnitteluasetuksen. Se korvasi aikaisemman EuP-direktiivin (2005/32/EY) 20. marraskuuta. Tällä direktiivillä määritellään energialla toimivien laitteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ekologiset vaatimukset. Tämän tarkoituksena on jo suunnitteluvaiheessa huomioida laitteen koko iän elinkaari, sekä vaikutukset ympäristöön. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013)

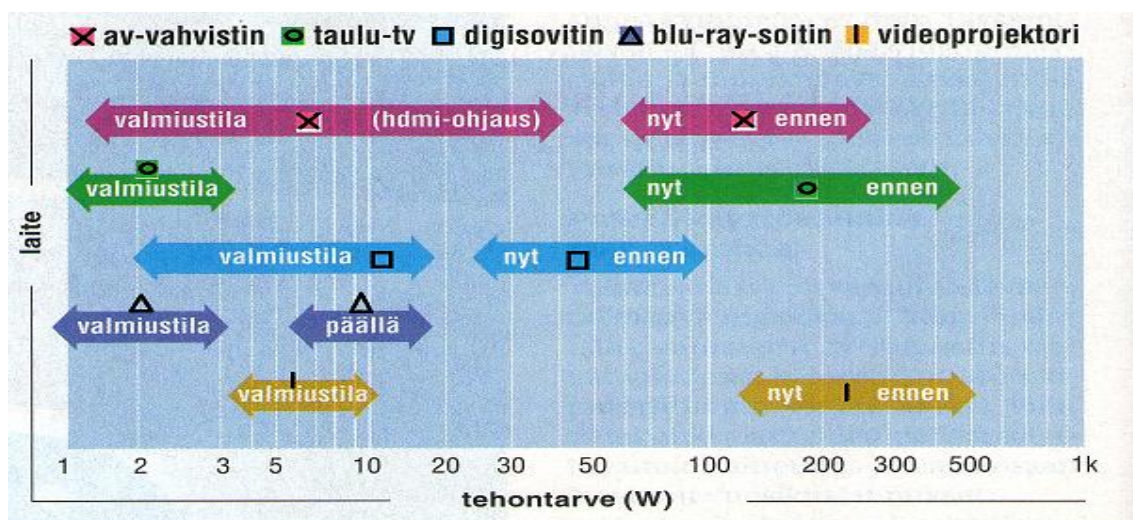
Tällä hetkellä energia merkinnät ovat pakollisia yhdeksässä laiteryhmassä:

- astianpesukoneissa
- kuivausrummuissa
- kuivaavissa pesukoneissa

- uuneissa
- pyykinpesukoneissa
- kylmälaitteissa
- lampuissa
- ilmastointilaitteissa ja
- televisioissa.

Uudet merkinnät tulivat pakollisiksi vuoden 2011 lopulla kylmälaitteille, pyykinpesukoneille ja astianpesukoneille. Silloin myös televisiot siirrettiin samalla niiden laitteiden joukkoon, joissa täytyy olla merkinnät. Lisäksi suunnittelussa on liittää energia-merkittäviin laitteisiin lämminvesivaraajat, lämmityskattilat sekä pölynimurit. (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

Laitteistojen lisääntyminen omakotitaloissa sekä niiden pitäminen valmiustilassa tuo oman osuutensa sähkölaskuun. Siitä johtuen laitteistojen valmiustilan sähkönkulutukseen on luotu rajoituksia, ja valmiustilan virrankulutuksen tulee vähentyä vaihteittain. Näihin asetuksiin on lisätty mukaan sähköuunit, keittolevyt ja mikroaaltouunit. Vuodesta 2010 lähtien laitteissa tulee olla pois päältä -toiminto ja laitteen kulutus lepotilassa ei saa ylittää yhtä wattia. Laitteissa myös täytyy olla toiminto, jolla hallitaan sen siirtymistä valmiustilaan automaattisesti. (Tekniikan Maailma 18E/2012,112.) Kuvassa 29 esitetään viihde-elektroniikan virrankulutuksen muuttuminen.



Kuva 29. Viihde-elektroniikan sähkötarpeen muutos muutaman vuoden sisällä (Tekniikan Maailma 18E/2012, 112)

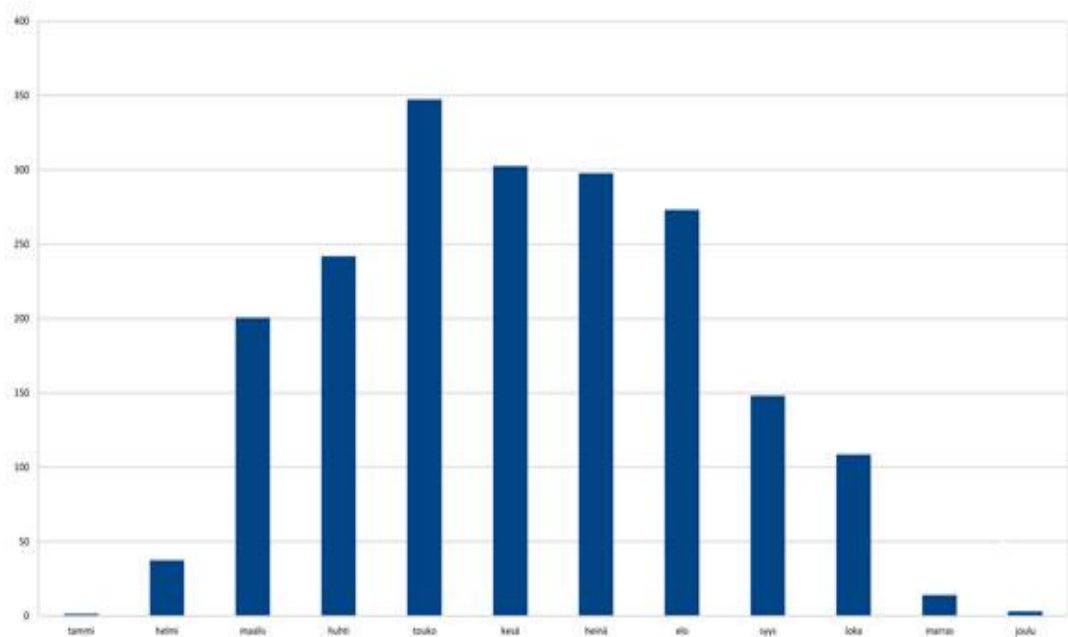
6 OMAKOTITALO ENERGIAN TUOTTAJANA

Tällä hetkellä omakotitalojen omakohtaiselta sähköntuotannolta odotetaan paljon. Pitkä, jo vuosikymmeniä jatkunut, tuote- ja ideakehittely ei ole vielä tuottanut haluttua tulosta. Omakotitaloihin suunnitellut pienvoimalaitokset ovat kalliita ja silloin kuin niiden hyötysuhde on parhaimmillaan, käyttö on vähäistä. Ainoa positiivinen harppaus on tapahtunut aurinkopaneeleissa. Niiden hinnat ovat pudonneet asiakasystävällisemmiksi. Tällä hetkellä kaikki sähköyhtiökään eivät ole suotuisia ostamaan omakotitalojen tuottamaa ylimääräistä sähköä, jota saadaan yleisemmin kesällä, silloin kun sähkötarve on vähäisempää. Mutta tässäkin asiassa on jo onneksi edetty, ja esimerkiksi Fortum tarjoaa mahdollisuuden myydä omakotitalon tuottamaa ylimääräistä sähkövirtaa heiltä ostamistaan aurinkovoimalapaketeista. Myös muut sähköyhtiöt ostavat vaihtelevasti pienkiinteistön oman tuotannon sähköä.

6.1 Aurinkosähkö

Aurinkopaneeleilla hyödynnetään auringon tuottamaa säteilytehoa ja sitä muutetaan sähköksi. Paneelineliömetriä kohden 1000 W/m^2 säteilyteho tuottaa sähköä noin 135 wattia. Etelä-Suomessa, jossa on paremmat edellytykset paneelien käytölle, saadaan vuodessa tuotettua keskimäärin 105 - 120 kWh neliömetriä kohden. Tämä on kuitenkin vain laskennallinen arvo, jonka tippumiseen voi vaikuttaa paneelien oikein suuntaus, puhtaus, varjostus ja talvella syntyvä lumipeite. Suositus olisi tarpeen vaatiessa suunnata paneeleita uudestaan, puhdistaa ne pari kertaa vuodessa ja talvisin pyyhkiä lumet pois paneeleista, jotta niistä saataisiin paremmin hyöty irti. Taulukoissa 2 ja 3 esitetään aurinkovoimalan tuottoa eri vuoden aikoina. (Motiva Oy:n [www-sivut](http://www.motiva.fi) 2013, hakupäivä 18.10.2013.)

Taulukko 2. Aurinkovoimalan tuotto eri vuoden aikoina alkaen tammikuusta, päättyen joulukuuhun (Finnwind Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 9.10.2013)



Taulukko 3. Aurinkovoimalan tuotantoteho valoisuuteen nähden. (Tampere www-sivut 2013, aurinkosähköopas, hakupäivä 9.10.2013)

Kuukausi	Päivän valoisan ajan pituus (h)	Tuotantoteho valoisuuteen nähden (W)		
		1 kW:n järj.	1,5 kW:n järj.	2 kW:n järj.
Tammikuu	6,25	80	120	160
Helmikuu	9	194	291	390
Maaliskuu	11,75	217	326	435
Huhtikuu	14,75	248	372	496
Toukokuu	17,5	237	356	475
Kesäkuu	19,5	203	305	405
Heinäkuu	18,5	212	318	425
Elokuu	15,75	195	294	390
Syyskuu	13	171	257	342
Lokakuu	10	122	183	242
Marraskuu	7,25	68	102	135
Joulukuu	5,5	51	77	100

Aurinkopaneeleilla (kuva 30) pitkään on ollut Suomessa laskennallisesti kahdenkymmenen vuoden takaisinmaksuaika, ja jopa joissain tapauksissa pidempi. Aurinko paistaa eniten kesällä jolloin sähköntarve on pienintä, omakotitaloa ei tarvitse lämmittää ja va-

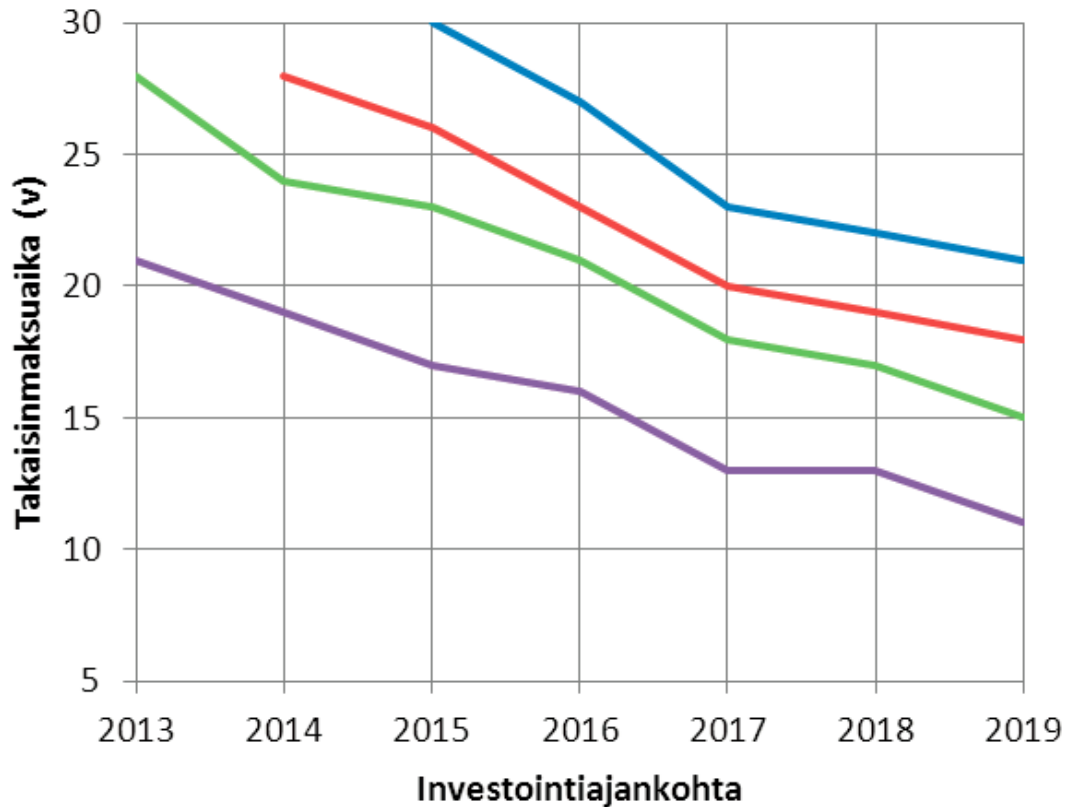
laistusta ei tarvitse käyttää niin paljon. Talvella on pimeä kausi, jolloin paneeleita ei voi hyödyntää ja sähköä kulutetaan huomattavasti enemmän. Kesällä tuotettua ylimääräistä sähköä eivät kaikki sähköyhtiöt osta, joten aurinkopaneelien paras kausi kustannuksien kattamiseen menee hukkaan. Tästä on kuitenkin jo menty eteenpäin ja esimerkiksi Fortum myy omia aurinkovoimalapakettejaan joiden tuottamaa ylimääräistä sähköä he ostavat omakotitalouksista. Fortumin aurinkopaketteja saa 6, 9, 12 ja 18 paneelisina ja niiden hinnat vaihtelevat 3695€ - 9385 euron välillä sisältäen 24 % ALV:n. Tähän lisätään asennuskustannukset jotka vaihtelevat 1330 – 1815 euron välillä riippuen aurinkopaneelien määrästä. Paketeissa ilmoitetut tehot kulkevat 1260 – 3780 wattiin. Yhden paneelin tuottama teho on 210 W. Jos käyttäjä tekee Fortum Lähisähkö nimisen sähkösopimuksen, ostaa Fortum silloin aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön. (Fortum Oyj:n www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013.)



Kuva 30. Aurinkopaneeli (Lamppukauppa www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013.)

Aurinkopaneelijärjestelmää mitoittaessa täytyy huomioida, kuinka paljon oma sähkönkulutus on. Ylimoittaminen ei ole kannattavaa, koska ylimääräisestä tuotetusta sähköstä ei toistaiseksi Suomessa saa korvausta jokaiselta sähköyhtiöltä. Ylimoittaminen lisää myös laitteiston takaisinmaksuaikaa, minkä kuva 31 esittää. Ainoa uudisrakentamisesta siitä saa tällä hetkellä hyötyä. Rakentamalla aurinkopaneelit voidaan pienentää rakennuksen E-lukua ja se antaa talon energiankulutuksen puolesta suunnittelijalle vapaammat kädet. Järjestelmän optimoinnin laskeminen on helpointa kesällä, jolloin omakotitalossa sähkönkulutus on pienimmillään. Pohjakuorma tulee kylmälaitteista ja eri

laitteistojen valmiustiloista. Esimerkiksi pohjakuorman ollessa 300 - 500 watin tienoilla, on omakotitaloon 2 kW aurinkopaneelijärjestelmä sopiva. (Tampere www-sivut 2013, aurinkosähköopas, hakupäivä 9.10.2013.)



Skenaario 1 Sähkön hinta pysyy nykyisellään

Skenaario 2 Sähkön hinta nousee 1 % vuodessa

Skenaario 3 Sähkön hinta nousee 2 % vuodessa

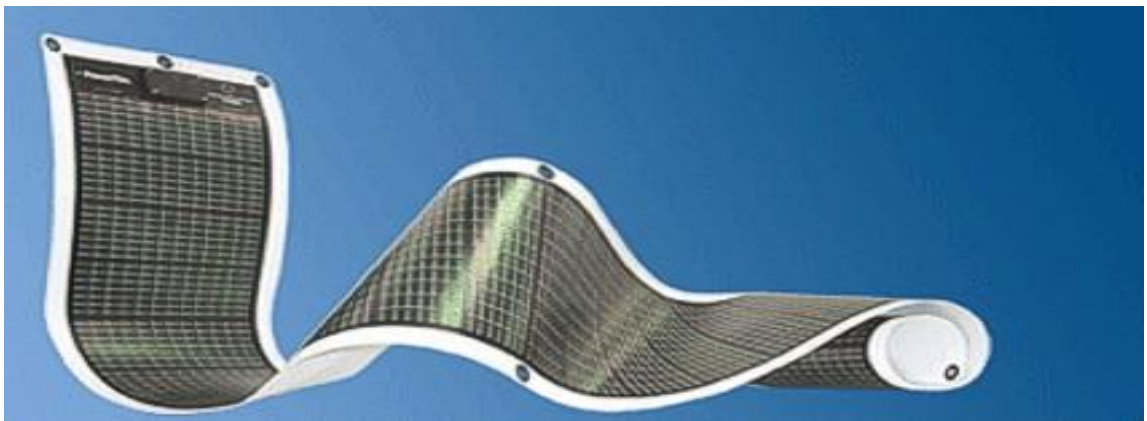
Skenaario 4 Sähkön hinta jatkaa vuotuista 5 % kasvua

Kuva 31. Aurinkopaneelin takaisin maksuaika (Tampere www-sivut 2013, aurinkosähköopas, hakupäivä 9.10.2013)

Omakotitalon aurinkovoimalaan kuuluu kuluttajan haluama määrä aurinkopaneeleita, vaihtosuuntaaja, sähkötarvikkeet, kattokiinnikkeet, ohjausjärjestelmä. Mahdollista on myös hankkia sähkön tuontonseurantalaite ”gateway”. Vaihtosuuntaajalla voidaan syöttää ylimääräistä sähköä verkkoon päin ja näin omakotitalo toimii pienenä voimalaitoksena. Aurinkopaneeleita voi kytkeä sähköverkkoon kahdella tavalla. Toinen malli on sarjankytkentä, jossa aurinkopaneelit ovat kaikki yhden invertterin takana. Tässä mallissa aurinkopaneelien tuottama teho ja jännite lasketaan yhteen. Sen mukaan mitoitetaan sopiva invertteri järjestelmälle. Hyviä puolia tässä kytkentämuodossa on edullisuus,

koska inverttereitä ei tarvitse ostaa kuin yksi. Huonoja puolia tulee vastaan, kun järjestelmää laajentaessa täytyy tarvittaessa ostaa uusi invertteri. Sen jännite ja tehoraja tulevat täyteen. Lisäksi jos jokin aurinkopaneeli ei toimi täysin, se heikentää muidenkin toimintaa. Toinen vaihtoehto on rinnankytkentä, jossa jokaiselle aurinkopaneelille tulee oma invertteri. Tällä tavoin voidaan seurata jokaisen paneelin tuottamaa sähköä erikseen sekä seurata aurinkopaneelien kuntoa. Jos jossakin paneelissa on sähköntuotto ongelmia, se on helpompi huomata. Järjestelmää laajentaessaan lisätään vain uusi invertteri ja aurinkopaneeliyksikkö. Tämä järjestelmä on hinnaltaan kalliimpi, koska täytyy ostaa useampi invertteri. (Tampere www-sivut 2013, aurinkosähköopas, hakupäivä 9.10.2013.)

Nykyistä aurinkopaneelien valmistusmenetelmää pidetään kalliina, vaikkakin hintakehitystä on tapahtunut edullisempaan suuntaan. On kehitelty ohutkalvopaneeleita, joita voidaan periaatteessa valmistaa sarjatuotantona samanlaisella laitteistolla kuin paperia. Tätä kalvoa voi taivuttaa ja rullata, ja valmistus olisi paljon edullisempaa. Haittapuolina on kalvomallin huomattavasti alhaisempi tuotantoteho, verrattuna perinteisiin piipaneeliin. Hinnalla on kuitenkin ajateltu tulevaisuudessa kompensoida tätä haittapuolta. Lisäksi tällä hetkellä ohutkalvopaneelin mekaaninen kestävyys ei ole tarpeeksi hyvä ajatellen asennusta ja pidempää käyttöä. (Tekniikan Maailma 18E/2012.)

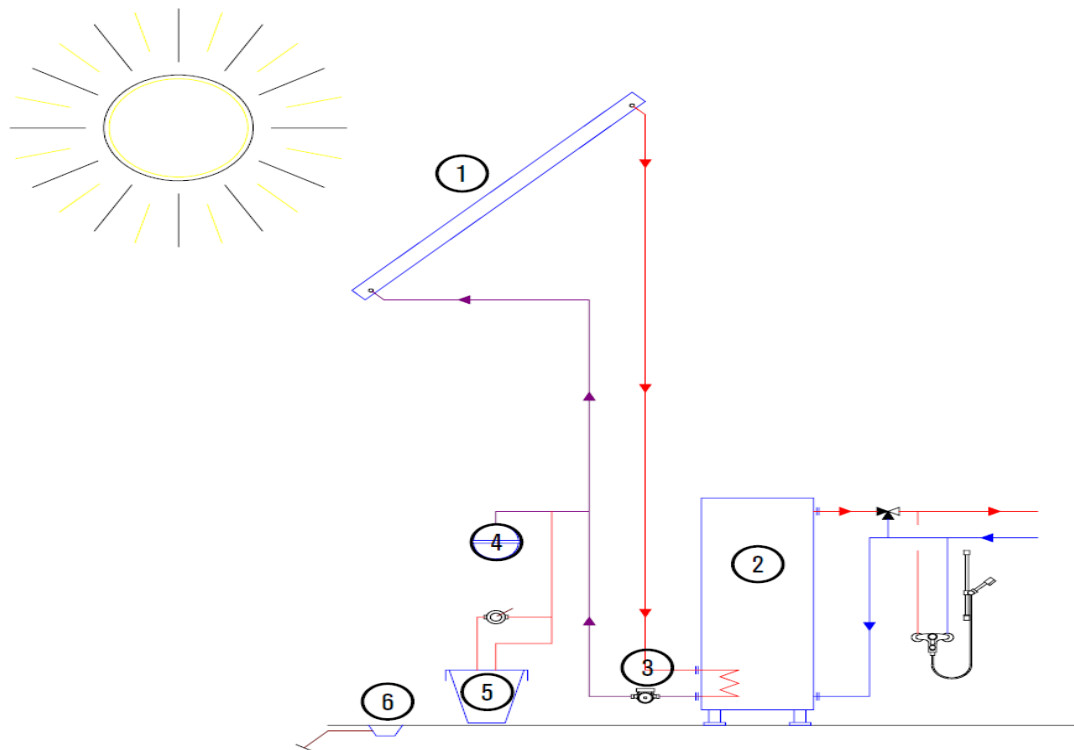


Kuva 32. Rullattava aurinkopaneeli (Marinea www-sivut 2013, hakupäivä 7.10.2013)

6.2 Aurinkokeräin

Aurinkokeräin hyödyntää aurinkopaneelin ohella myös auringonsäteilyä ja siitä saatavaa lämpöenergiaa. Sähkön sijasta aurinkokeräimellä saadaan lämmintä vettä, sillä keräimen sisällä kulkee esimerkiksi nestettä, jota auringon säteet lämmittävät. Aurinkokeräin toi-

mii pienkiinteistössä lämmitys- tai käyttöveden lisälämmittimenä. Suomen oloissa siitä ei saa tarpeeksi lämpöä ympäri vuoden, joten se tarvitsee tuekseen jonkin päälämmitysmuodon. Esimerkki kuvassa 33 aurinkokeräin toimii sähkövastuksella varustetun lämminvesivaraajan rinnalla. Aurinkokeräimen voi asentaa talon katolle, tai seinälle ja vaihtoehtoisesti myös maahan. Suositus kuitenkin on, että alueella ei olisi esteitä auringon paisteelle.



Kuva 33. Aurinkokeräimen lämmitysjärjestelmä (Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013)

1. Aurinkokeräin
2. Lämminvesivaraaja
3. Kiertovesipumppu
4. Kalvopaisunta-astia
5. Aurinkolämpöpiirin täyttöastia
6. Lattiakaivo

Aurinkokeräimissä käytetään kahta erilaista lämmönsiirtoainetta, nestettä tai ilmaa. Nesteillä on kuitenkin huomattavasti parempi lämmönsiirto-ominaisuus, koska veden ominaislämpökapasiteetti on 4,19 kJ/kgK ja ilmalla vain 1,01 kJ/kgK. Tästä syystä suurin osa asennettavista aurinkokeräimistä on nestekiertoisia. Nestekiertoisissa keräimissä

täytyy huomioida Suomen vaihtelevat sääolosuhteet. Tästä syystä ei voi käyttää pelkästään vettä lämmönsiirtoaineena, ellei aurinkokeräintä käytetä pelkästään kesäisin ja tyhjennetä talveksi. Vesi jäätyy pakkasilla, joten siihen lisätään mukaan jäätymisenestoainetta. Jäätymisenestoaine estää nesteseosta jäätymästä ja nostaa samalla kiehumispistettä. Jäätymisenestoaineen lisäämisen huono puoli on lämmönsiirto-ominaisuuksien laskeminen, mutta lämmönsiirto-ominaisuus on silti parempi kuin ilmalla. (Pimiä 2011, 11 – 12.)

Pienkiinteistöissä käytetään joko tasokeräimiä, tai tyhjiöputkikeräimiä (kuva 34). Aurinkokeräimen toiminnan mahdollista absorbaattoripinta, jota auringon säteet lämmittävät. Lämpö siirtyy lämmönsiirtoaineeseen ja sen kautta lämminvesivaraajaan. Lämminvesivaraajasta lämmitettyä vettä voi hyödyntää lämmityksessä tai käyttövedessä tarpeen mukaan. Pientalon lämmityksessä aurinkokeräinala täytyy olla 4 – 16 m², käyttöveden lämmityksessä noin 1,5 asukasta kohden. 8 – 12 m² kokoinen järjestelmä maksaa 4000 - 5000 euroa asennuksineen. Neliömetrin kokoisella alueella saadaan tuotettua 250 - 400 kWh lämpöenergiaa vuodessa, riippuen siitä kuinka hyvin aurinko paistaa. Järjestelmän arvioitu käyttöikä on 20 - 30 vuotta, ja sen hyötykäyttö on pitkälti samanlainen kuin aurinkopaneelilla. Aurinko paistaa kesäisin eniten, jolloin lämmityksen tarve on vähäisempää. Talvella, jolloin on pimeimmät ja kylmimmät kaudet, lämmityksen tarve on suurinta. (Solarbioxin www-sivut 2013, hakupäivä 2.11.2013)

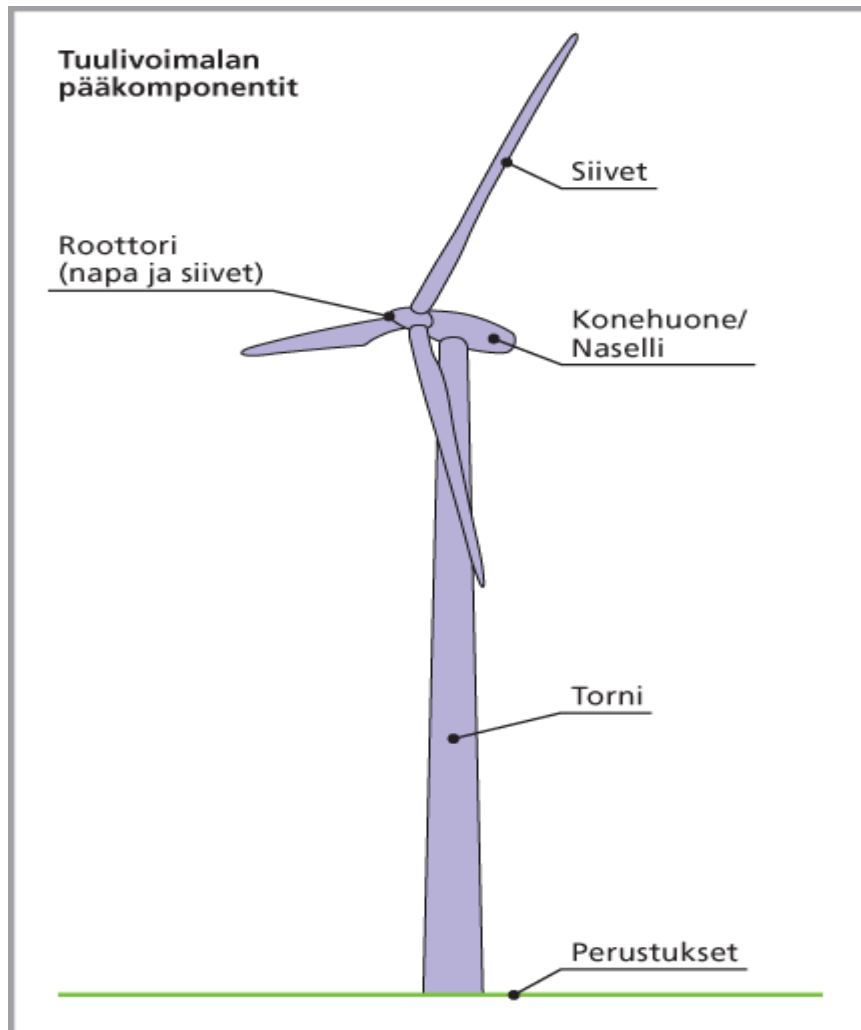


Kuva 34. Tyhjiöputkikeräin (Green www-sivut 2013, hakupäivä 2.11.2013)

6.3 Tuulivoima

Tuuliturbiinit tarjoavat mahdollisuuden tuottaa omakotitaloon sähköä ympäri vuoden. Tähän vaaditaan kuitenkin laitteisto, joka voi hyödyntää jo noin viisi metriä sekunnissa puhaltavaa tuulta. Omakotitalojen katonharjan korkeudella ei yleensä tuule tämän kovempaa. Korkeammalle asennettavat tuuliturbiinit tuottavat ongelman sijoittelun vuoksi,

sillä normaalisti omakotitalossa ei ole mahdollista asennuttaa tuulivoimalaa useiden kymmenien metrien korkeuteen. Korkeampi masto tuo mukanaan myös lisäkustannukset rakennusvaiheessa. Parhaimmat paikat tuulivoimaloille olisivat korkeat mäet ja meren rannat, joissa sisämaahan verrattuna tuulee yleensä paljon ja voimakkaammin.



Kuva 35. Tuulivoimalan pääkomponentit (Saimaagardens.one1 www-sivut 2013, hakupäivä 7.10.2013.)

Tuuliturbiineja on kahta erilaista mallia, perinteinen kolmilapainen roottori (kuva 35), joita käytetään tuulivoimapuistoissa ja pysty akselinen roottori (kuva 36). Pystymallinen tuuliturbiini olisi hyvä ratkaisu omakotitaloihin, koska se pystyy hyödyntämään paremmin heikkoja tuulen virtauksia, se on äänettömämpi ja sitä ei tarvitse suunnata tuulen suunnan mukaan. Lisäksi se ei herätä visuaalisesti niin paljon huomiota, kuin kolmilapainen malli. Kolmilapainen roottori on kuitenkin suuremmalla mittakaavalla tehokkaampi ratkaisu. Niille täytyy olla paikka, jossa tuulee tarpeeksi, sekä täytyy järjestää tarvittavat luvat asentamiseen ja huomioida äänihaitat. Ne on saatava asennettua monen

kymmenen metrin korkeuteen, jossa tuulee voimakkaammin ja tasaisemmin. Tehokaimmat kolmilapaiset turbiinit pystyvät hyödyntämään tuulen liike-energiasta noin 50 %, mikä on erittäin hyvä lukema. Teoreettinen maksimi, jota sanotaan myös “Betzin-luvuksi”, on 59 %. Omakotitaloihin suunnatuilla pienroottoreilla hyötysuhde jää 25 - 35 % niiden rakenteellisen koon takia. (Tekniikan Maailma 18E/2012.)



Kuva 36. Pysty akselinen tuulivoimala (Ilmavirta www-sivut 2013, hakupäivä 7.10.2013.)

Suurin ongelma omakotitaloihin suunnatuissa ratkaisuihin on kuitenkin se, että tuulivoiman liike-energia on vähäistä, eikä sitä voi teknisellä kehittämiselläkään muuttaa paremmaksi. Tästä syystä tarpeeksi suuren tuulivoimalan rakentaminen on omakotitalon pihalle vaikeata. Saatavan tehon voi laskea kaavan 1 mukaan.

$$P = \rho A v^3 / 2 C_p$$

Jossa

P=teho

A=ala

ρ =ilmantiheys

v =tuulen nopeus

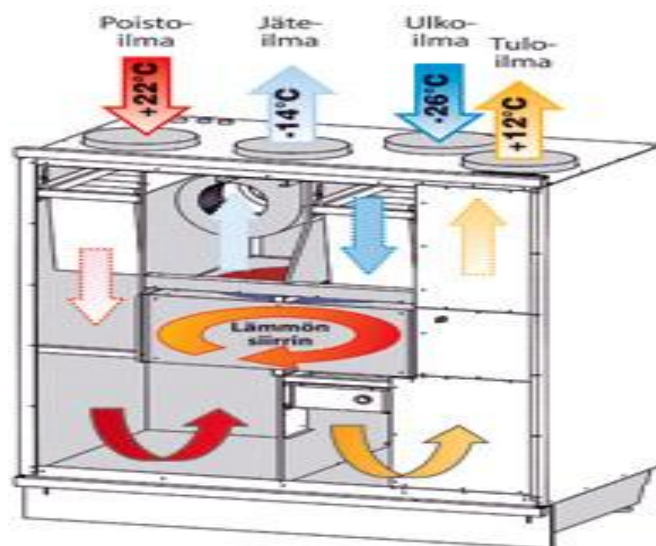
C_p =Generaattorin hyötysuhde

Kaavan 1 mukaan kineettistä tehoa tulee watteina per neliö: $0,5 \times \text{ilman tiheys} \times \text{tuulen nopeus}^3$ kolme. Tuulivoimala tuottaa sähköä tuulen ollessa minimissään 5 m/s ja ilman tiheys on yksi. Tuulella on tällöin kineettistä tehoa $0,5 \times 1 \times 125 \text{ W/m}^3 = 62,5 \text{ W/m}^3$. Turbiinin hyötysuhteen ollessa 35 %, ei saada neliöltä kuin 22 W/m^2 sähköenergiaa. Pienestä voimalasta ei saada paljon sähköä ja se voi olla hyvä ratkaisu ainoastaan silloin, kun sähkö voidaan varastoida talteen ja käyttöä on vähän. Tällaiset ratkaisut toimivat paremmin mökkiolosuhteissa, kuin jatkuvassa sähköntarpeessa olevassa omakotitalossa. Kun tuulivoimalan hyötysuhde otetaan huomioon, aurinkopaneelit ovat selvästi paljon edullisempi ratkaisu. Tuuliturbiinien huoltaminen on myös paljon kalliimpaa monimutkaisten mekaanisten osien takia. Lisäksi aurinkopaneeleja voi hyödyntää paljon paremmin ympäri Suomea. (Hemeltronin [www-sivut](http://www.hemeltron.fi) 2013, hakupäivä 7.10.2013.)

7 LVI

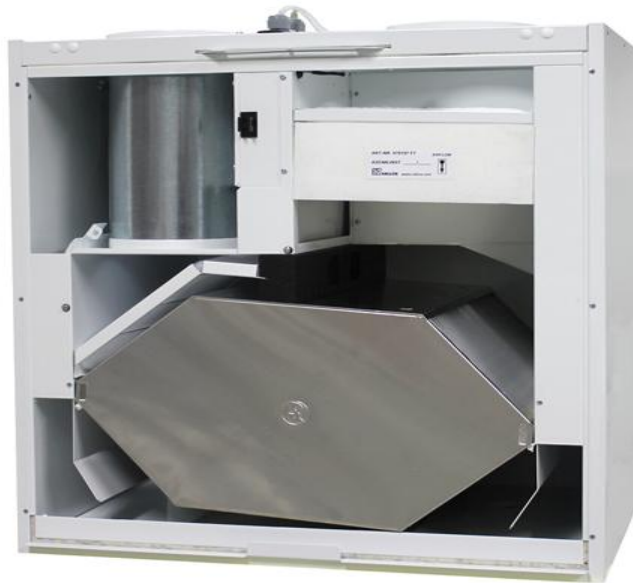
Nykyään rakennettaviin omakotitaloihin on tullut tavaksi asentaa jonkinlainen ilmanvaihtojärjestelmä. Talot rakennetaan nykyään niin tiiviiksi, että ilmanvaihtuvuus on pitänyt järjestää koneellisesti. Samalla kun ilmaa viedään sisältä ulos ja ulkoa sisälle, karkaa myös lämpöä. Tähän on ratkaisuna hankkia mahdollisimman hyvä lämmöntalteenotto järjestelmä (LTO), jolla minimoidaan ilmastoinnin lämpöhukka. Lisäksi järjestelmässä on esi- ja jälkilämmityspatteristo, joilla lämmitetään viileämpää ulkoilmaa sopivaksi. Lisäksi on myös saatavilla jäähdytyspatteristoja ja lämpöpumppuja, joita liitetään nykyaikaisiin ilmastointijärjestelmiin. (Kokko 2013, 18.)

Hintaluokaltaan halvimmissa koneissa on käytössä ristivirta-levylämmönsiirrin, toisin sanoen kuutio. Näiden lämmön talteenottokyky pyörii 45 - 50 %:n tienoilla. Vastaristivirta-levylämmönsiirtimessä tämä on 50 - 64 %:n välillä, ja hankintahinnaltaan se on kalliimpi kuin ristivirta-levylämmönsiirrin. Vielä parempi vuosihyötysuhde lämmön talteenotossa on pyörivällä talteenottokiekolla (kuva 37). Talteenottokiekolla vuosihyötysuhde lähenee 75 prosenttia. Lisäksi tämä tekniikka siirtää talvella osan poistoilman kosteudesta tuloilmaan ja estää liiallista huoneilman kuivumista. Parhaiten hyödyn saa pyörivällä talteenottokiekolla varustetusta ilmanvaihtokoneesta lisäämällä järjestelmään poistoilmalämpöpumpun, joka nostaa hyötysuhteen 90 prosenttiin. (Sähköala www-sivut 2013, hakupäivä 20.10.2013.)



Kuva 37. Ilmanvaihtokoneen ilmapvirtaus (Sähköala www-sivut 2013, hakupäivä 20.10.2013.)

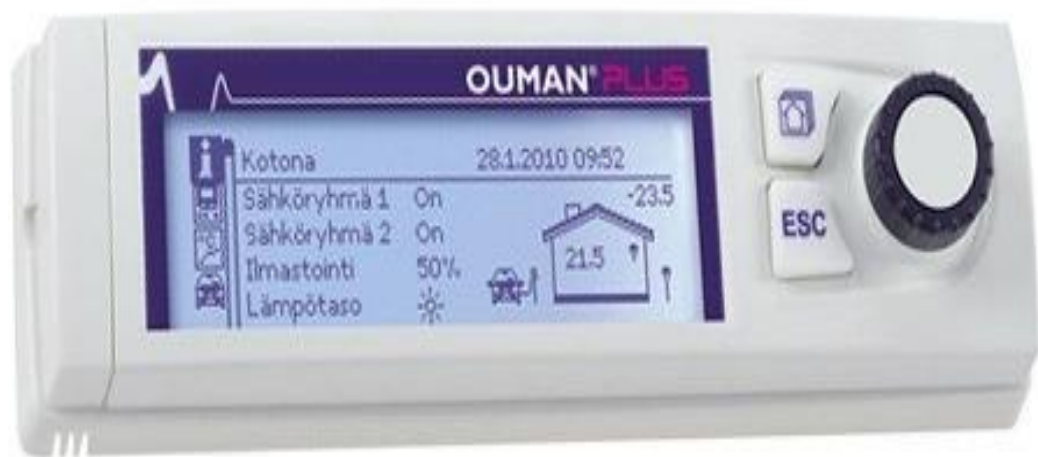
Ilmastoinnilla on omat ohjauksensa, mutta parempi energiansäästö saadaan aikaiseksi, kun ilmanvaihtokone liitetään kotiautomaatiojärjestelmään. Näin saadaan ohjattua yhdestä pisteestä muun muassa valaistusta, lämmitystä sekä ilmastointi päälle ja pois sekä pienemmälle ja suuremmalle. Kotiautomaatiojärjestelmä säätää ilmastointia pienemmälle, kun kotiväki on muualla ja suuremmalle, kun he palaavat takaisin. Ilmanvaihtokoneessa itsessään on säädöt, joilla tarkkaillaan ilman puhtautta, sisälämpötilaa, kosteutta, painetasoa ja ilman liikettä. Ilmanvaihtokone (kuva 38) pitää huoneistoja alipaineistettuna, eli ilmaa poistetaan suuremmalla teholla kuin sitä tuodaan. Ero on noin 10 prosenttia ja alipaineistuksella saadaan pidettyä kosteusongelmat pois. (Kokko 2013, 19.)



Kuva 38. Ilmanvaihtokone (Vallox Oy [www-sivut](http://www.vallox.fi) 2013, hakupäivä 20.10.2013.)

8 KOTIAUTOMAATIO

Kotiautomaatiojärjestelmää käytetään kiinteistössä ohjaamaan lämmitystä, ilmastointia ja valaistusta. Kotiautomaatiojärjestelmiin on myös liitettyä mukaan murto- ja palohälytinsijärjestelmät sekä pistorasiat. Vaikkakin jokaiselle näistä on olemassa omat yksittäiset ohjausmenetelmät, kotiautomaatiojärjestelmää hyödyntämällä voidaan yhdestä paikasta hallinnoida kaikkia kerrallaan. Järjestelmällä voidaan ohjata omakotitalon lämmitystä, ilmastointia ja valaistusta sekä katkaista pistorasioista sähkö silloin, kun talon asukkaat eivät ole paikalla, ja samalla kytkeä murtohälyttimet päälle. Asukkaat kirjaavat kotiin palatessaan järjestelmään tiedon, ja silloin alkavat lämmitys ja ilmastointi toimia tehokkaammin. Myös murtohälyttimet sammuvat ja valaistus talon sisätiloissa alkaa reagoida. Kotiautomaatiojärjestelmällä voidaan vähentää sähkönkulutusta, koska se pienentää lämmityksen sekä ilmastoinnin toimintaa ja katkaisee televisioista ja muista sen kaltaisista laitteista virran. Samalla lisätään käyttäjämukavuutta, koska kaikki on hallinnoitavissa yhdestä pisteestä. (Kokko 2013, 8 - 10.) Kuvassa 39 on nähtävillä Oumanin plus-kotiautomaatiokeskus.



Kuva 39. Ouman Plus -kotiautomaatiokeskus (Rakentaja www-sivut 2013, hakupäivä 9.10.2013)

Markkinoilta löytyy useita eri valmistajia kotiautomaatiojärjestelmille, näistä tunnetuimpia Suomessa ovat Ouman, Elko, Talomat ja Ebts. Jokaisen valmistajan laitteisto voi poiketa toisistaan ominaisuuksiltaan, mutta peruskäyttöidea on sama eli hallita kiinteistön sähkölaitteita yhdestä pisteestä. Järjestelmä suunnitellaan tarpeiden mukaan ja niissä on omat turvatoiminnot, joita voi hyödyntää mm. tulipalon tai vesivahingon sat-

tuessa. Ohjauksien perään laitetaan tarvittut komponentit ja käyttöliittymästä ohjataan tapahtumia. Vaikka kotiautomaatiojärjestelmissä on paljon ominaisuuksia ja hyöty voi olla useamman vuoden aikana merkittävä energiansäästön suhteen, eivät ne ole vielä täysin lyöneet läpi korkean hintansa vuoksi. Kotiautomaatiojärjestelmästä ei toistaiseksi ole mitään hyötyä E-luvun laskennassa, vaikka se edistääkin energiataloudellisuutta. Kotiautomaatiojärjestelmiä on kuitenkin alettu asentaa yhä useampaan uuteen rakennukseen. (Kokko 2013, 44 - 48.)

9 KUSTANNUSTEN VERTAILU

Taulukkoon 4 on kerätty eri sähkölämmitysmuotojen laitteisto-, rakennus- ja käyttökustannukset. Hinnat voivat vaihdella jälleenmyyjien ja urakoitsijoiden kesken, mutta taulukkoon on kerätty vertailukelpoiset keskiarvohinnat. Käyttökustannuksiin on käytetty sähkönhinnaksi 11 snt/kWh, sisältäen siirtomaksun ja verot. Käyttökustannukset ovat kuitenkin täysin riippuvaisia käyttäjistä itsestään, käyttötavasta, paikallisista sähköhinnoista ja pienkiinteistön koosta. Kahden hengen eläkeläispariskunta asuu yleensä pienemmässä kodissa, kuluttaa vähemmän sähköä ja lämmintä vettä, kuin neljän hengen perhe.

Ilmalämpöpumppu ja vesi-ilmalämpöpumppu eivät voi toimia täysin yksistään ympäri vuoden Suomen olosuhteissa, koska niiden hyötysuhteet eivät riitä kylmimmillä kausilla. Niiden hintoihin täytyy huomioida mukaan vaihtoehtoinen huoneiden- ja käyttövedenlämmitys järjestelmä. Suora- ja varaavasähkölämmitys ovat selkeästi edullisempia rakentaa kuin maalämpöpumppu, mutta vuosittaiset käyttökustannukset ovat niillä korkeammat. Pidemmällä aikavälillä maalämpö kustantaa itsensä takaisin ja osoittaa edullisuutensa. MLP:ssa, ILP:ssa ja IVP:ssa voi käyttöiän aikana tulla tarvetta huolloille, koska niissä käytettävä elektroniikka tai kompressori voivat mennä rikki. Varaavassa ja suorassa sähkölämmityksessä käytettävät laitteistot ovat huoltovapaita, koska niissä ei ole itsessään elektroniikkaa, paitsi ehkä termostaatissa.

Taulukko 4. Eri sähkölämmitysjärjestelmien kustannukset

Lämmitys järjestelmä	Laitteisto kustannukset	Rakennus kustannukset	Energian kulutus	Hyötysuhde	Käyttökustannukset
Varaavasähkö	6000€	2890€	15000kWh/a	1	1650€/a
Suorasähkö	6000€	1770€	18000kWh/a	1	1980€/a
Ilmalämpöpumppu	1650€		3000kWh/a	2	330€/a
Vesi-ilmalämpöpumppu	6500€	2500€	6000kWh/a	2	660€/a
Maalämpöpumppu	10000€	7000€	6000kWh/a	3	660€/a

Taulukossa 5 on esitetty eri valaisimien kustannukset, valon alenema käyttöiän aikana, hyötysuhde ja hinnat. Vertailtaessa hehkulamppua muihin valaisumahdollisuuksiin, sen ominaisuudet jäävät selvästi heikommaksi. Ainoastaan kappalehinta on edullisempi käyttäjälle kuin muissa valaisimissa. Energiansäästölamppuilla on jo huomattavasti pidempi käyttöikä ja parempi hyötysuhde, kuin halogeeni- ja hehkulamppuilla. Ne eivät ole edes investointikustannuksiltaan paljon kalliimpia. Kuitenkin ledit ovat omaa luokkaansa ja niiden käyttöikä, valon alenema ja hyötysuhde on selvästi parempi kuin muilla verrattavilla valaisimilla. Markkinoilta löytyy monentasoisia ledivalaisimia, joiden hinnat vaihtelevat huomattavasti. Yleisesti ledien hinta on kuitenkin vielä huomattavasti suurempi kuin muiden valaisinmallien. (Jokinen 2011, 19.)

Taulukko 5. Vertailukelpoisten valaisimet (Jokinen 2011, 19)

Valaisin	Käyttöikä	Valon tuotto	Valon alenema	Hyötysuhde	Hinta €
	h	Lumen/watti	%	Lämpö/valo	
Teholed	50000	100/1	30	50/50	15–250
Valkoinen Led	20000	80/1	60	80/20	10–120
Energiansäästölamppu	6000–15000	80/1	30–60	80/20	4-12
Halogeenilamppu	4000	15/1	60–80	60/40	2-6
Hehkulamppu	2000	10/1	80–100	95/5	1-2

Led-lamppujen ominaisuuksissa on valmistajasta riippuen paljon eroja. Valonjakokäyrä on kuitenkin tärkeimmässä osassa näistä. Liitteissä 1, 2 ja 3 vertaillaan led-lamppujen tehoja 0, 45 ja 90 asteen kulmissa keskenään energiansäästölamppujen ja hehkulamppujen kanssa.

10 POHDINTA

Ihmiset ovat alkaneet vaikuttaa valinnoillaan energiankulutuksen vähentämiseen. Tähän on myös osittain pakotettu lainsäädännöllä. Se on tuonut markkinoille uutta tekniikka ja uusia tuotteita, joita tarjotaan kuluttajalle. Pienkiinteistön rakentajalla suurin muutokset ovat olleet tiukentuneet rakennusmääräykset ja näissä arvioitu kiinteistön energiankulutus, eli E-luku. Ratkaisuina uusiin rakennusmääräyksiin on niiden helpottamiseksi tarjolla energiaystävällisempiä huonetilojen ja käyttöveden lämmitysmenetelmiä sekä valaistuksen valintavaihtoehtoja. Lisäksi pienkiinteistön oma sähköntuotanto vaikuttaa E-lukuun alentavasti ja näin helpottaa rakennusluvansa saantia. Kodinkoneiden tarkemmilla ja yhtenäisillä energiamerkinnöillä kuluttajat saavat paremman käsityksen siitä, minkä verran talouden jokapäiväiseen käyttöön tuotu laite todellisuudessa syö sähköä. Kotiautomaatiojärjestelmän hankkiminen ei vaikuta E-lukuun mitenkään, mutta se tuo käyttäjälleen tietynlaisen helppouden vaikuttaa omakotitalon sähkönkulutuksen pienenemiseen.

Monille vanhoille omakotitaloille maa-, ilmalämpöpumppu ja muut sen kaltaiset laitteet ovat tuoneet mahdollisuuden päivittää vanhat lämmitysjärjestelmät sähköä säästävempiin. Ne voivat myös toimia pelkästään hyvänä lisänä vanhan lämmitysjärjestelmän rinnalla. Tämä opinnäytetyö toimii, sekä uuden talon rakentajalle että vanhan remontoijalle, hyvänä materiaalina eri sähkölämmitysvaihtoehtojen valinnassa. Pienkiinteistöjen omavarainen sähköntuotanto ei ole vielä yleistynyt Suomessa. Opinnäytetyössä käytiin läpi tämän hetken tilannetta Suomessa, sekä pohjoisiin olosuhteisiin sopivia piensähköntuotantotapoja. Omavaraisen sähköntuotannon yleistymisen odottaa vielä muutosta asenteissa sekä kustannusten alenemisesta. Tulevaisuudessa omakotitalot voivat olla omavaraisempia sähköntuottajia. Hehkulamput poistuivat Suomessakin kauppojen hyllyiltä, ja nykyisin tarjolla on energiataloudellisempia vaihtoehtoja, joissa lämmönhukkaa ei synny niin paljoa. Kuluttajan onneksi valaisimia ei tarvitse vaihtaa vaan standardi lampunkannat löytyvät edelleen uusimmistakin lampuista. Energiankulutus on vain pienentynyt, ja kuluttaja itse saa päättää millaisen lampun investoi, niin kauan kuin kutakin lampputyyppiä kaupasta löytyy.

Tavoitteeni oli tutkia sähkökulutuksen pienentämismahdollisuuksia omakotitalo asumisessa mahdollisimman laajasti. Opinnäytetyön aikana perehdyin eri sähkölämmitysjärjestelmiin, valaistustekniikkaan ja kodinkoneisiin sekä aurinkopaneeli- ja tuulivoima-

tekniikkaan. Tutkiessani eri lähdemateriaaleja, sain paljon uutta oppia, jota voin hyödyntää jatkossa. Ennen kaikkea opin, että edullisin ratkaisu investoinnissa, ei välttämättä aina ole pitkällä aikavälillä käyttö- ja kokonaiskustannuksissaan halvin.

LÄHTEET

- Annola Jukka 2012. Omakotitalon lämmitys ja ilmanvaihto. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Oulu.
- Avaekspertidin www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013
<<http://www.avaekspertid.ee/infrapunalammitimet>>
- Finlexin www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013
<http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf>
- Fortum Oyj:n www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013
<<https://www.fortum.fi/countries/fi/yksityisasiakkaat/energiansaasto/aurinkopaneeli/tilaaminen/pages/default.aspx>>
- Happonen Taito 2010. Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus.
<http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0044-9/urn_isbn_978-952-61-0044-9.pdf>
- Hemeltronin www-sivut 2013, hakupäivä 7.10.2013
<<http://www.hemeltron.fi/tuulienergia.html>>
- Honkanen H. 2009. Valaistustekniikka.
<http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf>
- Huhta Jaakko 2007. As Oy Kierikankujan lämmitysjärjestelmän valinta. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere.
- Iso-Heiniemi Marko 2010. Teknistaloudellinen tarkastelu t5-loistelamppujen käytössä. Opinnäytetyö. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Ylivieska.
- Jokinen Matti 2011. Led-valot rakentamisessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere.
- Kodin energia. Tekniikan Maailma. 10.10.2012, 18.
- Kokko Kari 2013. Kotiautomaatiojärjestelmien nykytila ja tulevaisuuden haasteet. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Kemi.
- Laurila Jaakko 2013. Omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusiminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Oulu.
- Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013. Kattolämmitys
<<http://www.lamminkoti.fi/index.php?k=17614>>
- Lämminkoti www-sivut 2013, hakupäivä 17.10.2013. Sähkölämmityksen toteutus
<http://lamminkoti.fi/doc/Sahkolammituksen_toteutus_01072012_jalkeen.pdf>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Aurinkoenergia
<http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Ecodesign-direktiivi
<<http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/ecodesign-direktiivi>>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Energia ja ympäristömerkinnät
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/energia-_ja_ymparistomerkinnaat>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Ilmalämpöpumput
<<http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Ilma-vesilämpöpumppu
<http://www.motiva.fi/files/5919/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Maalämpöjärjestelmä
<http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf>
- Motiva Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 18.10.2013. Maalämpöpumppu
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu>
- Pimiä Timo 2011. Aurinkolämmön käyttö rakennusten lämmityksessä ja sen investointikustannukset. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere.

Solarbioxin www-sivut 2013, hakupäivä 2.11.2013

<<http://www.solarbiox.fi/aurinkokerain-aurinkokeraimet-tuottavat-energiaa-ilmaiseksi.html>>

Stekin www-sivut 2013, hakupäivä 30.10.2013 <

<http://www.stek.fi/sahko_ja_rakentaja/pientalon_sahkolammitys/fi_FI/sahkolammitysikkunat>

Sähköalan www-sivut 2013, hakupäivä 20.10.2013

<http://www.sahkoala.fi/koti/lehti/sahkoala_koti_2009/lammin_koti/fi_FI/ilmanvaihto/_print/>

Tampere www-sivut 2013, aurinkosähköopas, hakupäivä 9.10.2013

<http://www.tampere.fi/material/attachments/a/6Gkg9C2MG/Aurinkosahkoopas_36660_vedos.pdf>

Turkki Nuutti 2013. Pientalojen lämmitysjärjestelmien kustannukset. Opinnäytetyö. Karelia ammattikorkeakoulu, Joensuu.

Ympäristöministeriön www-sivut 2013, haku päivä 18.10.2013

<www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>

LIITTEET

Liite 1. E27-kantaisten lamppujen tehon vertailu

Liite 2. E27-kantaisten lamppujen tehon vertailu 45 asteen kulmassa

Liite 3. E27-kantaisten lamppujen tehon vertailu 90 asteen kulmassa

	VALO-	SUORAAN EDESTÄ (0 astetta), luksia				Energiateh.
LED LAMPPU	TEHO, W	150 cm	100 cm	50 cm	25 cm	Lux / W
B-E27-C5*1W-M / Cree LED	5	26	55	217	829	11,0
B-E27-5W-M (SMD)	5	16	35	122	504	7,0
B1-E27-3W-M	3	17	34	121	478	11,3
C-E27-C1x3W-M, kynttilä	3	3	7	25	95	2,3
C-E27-C3x1W-M, kynttilä	3	6	13	43	157	4,3
E27-10W LED, 50 astetta	10	451	987	3720	12550	98,7
VERTAILULAMPUT (energiesäästö- ja hehkulamput)						
Sylvania (Philips) 7 W, energias.	7	11	22	74	244	3,1
Northlight 9 W, energias.	9	19	40	138	468	4,4
CoTech 36-1883 2P211 energias.	11	16	34	101	377	3,1
Airalite (Airam) 11 W, energias.	11	15	34	106	365	3,1
Sylvania (Philips) 11 W, energias.	11	26	58	202	702	5,3
Osram 20 W, energias.	20	31	67	198	691	3,4
OSRAM 25 W, hehkulamppu	25	16	31	107	429	1,2
OSRAM 40 W, hehkulamppu	40	24	50	172	623	1,3
IKEA 60 W Hehkulamppu	60	57	117	402	1382	2,0
OSRAM 75 W, hehkulamppu	75	55	115	398	1330	1,5

	VALO-	ETUVIISTOST A (45 astetta), luksia				Energiatseh. Lux / W
LED LAMPPU	TEHO, W	150 cm	100 cm	50 cm	25 cm	
B-E27-C5*1W-M / Cree LED	5	21	47	182	680	9,4
B-E27-5W-M (SMD)	5	14	31	107	463	6,2
B1-E27-3W-M	3	13	26	96	418	8,7
C-E27-C1x3W-M, kynttilä	3	5	11	41	153	3,7
C-E27-C3x1W-M, kynttilä	3	5	20	75	304	6,7
E27-10W LED, 50 astetta	10	16	38	81	298	3,8
VERTAILULAMPUT (energiesäästö- ja hehkulamput)						
Sylvania (Philips) 7 W, energias.	7	17	34	111	403	4,9
Northlight 9 W, energias.	9	22	47	154	542	5,2
CoTech 36-1883 2P211, energias.	11	28	52	178	610	4,7
Airalite (Airam) 11 W, energias.	11	27	53	180	660	4,8
Sylvania (Philips) 11 W, energias.	11	37	81	290	949	7,4
Osram 20 W, energias.	20	53	112	393	1201	5,6
OSRAM 25 W, hehkulamppu	25	16	31	105	425	1,2
OSRAM 40 W, hehkulamppu	40	26	55	175	591	1,4
IKEA 60 W Hehkulamppu	60	52	114	391	1353	1,9
OSRAM 75 W, hehkulamppu	75	58	121	441	1487	1,6

VALO-	SUORAAN SIVULTA (90 astetta), luksia					Energiat eh.
LED LAMPPU	TEHO, W	150 cm	100 cm	50 cm	25 cm	Lux / W
B-E27-C5*1W-M / CREE	5	14	30	104	365	6,0
B-E27-5W-M (SMD)	5	9	19	63	240	3,8
B1-E27-3W-M	3	9	18	59	220	6,0
C-E27-C1x3W-M, kynttilä	3	5	11	37	130	3,7
C-E27-C3x1W-M, kynttilä	3	5	18	69	284	6,0
E27-10W LED, 50 astetta	10	7	20	44	93	2,0
VERTAILULAMPUT (energiesäästö- ja hehkulamput)						
Sylvania (Philips) 7 W, energias.	7	19	38	161	492	5,4
Northlight 9 W, energias.	9	23	44	152	531	4,9
CoTech 36-1883 2P211, energias.	11	33	63	225	777	5,7
Airalite (Airam) 11 W, energias.	11	31	70	245	912	6,4
Sylvania (Philips) 11 W, energias.	11	35	75	283	976	6,8
Osram 20 W, energias.	20	64	132	512	1657	6,6
OSRAM 25 W, hehkulamppu	25	18	30	91	365	1,2
OSRAM 40 W, hehkulamppu	40	27	55	184	603	1,4
IKEA 60 W Hehkulamppu	60	43	90	310	912	1,5
OSRAM 75 W, hehkulamppu	75	60	124	484	1524	1,7